



ANALISA DAYA PADA SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN VARIASI TURBIN ARCHIMEDES SCREW

Muhammad Naufal Fawwaz¹, Ihat Solihat²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : mnaufalfawwaz1@gmail.com

Masuk : 18 Agustus 2024

Direvisi : 19 September 2024

Disetujui : 30 September 2024

Abstrak: Energi merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup dalam kesehariannya. Energi terbarukan dihasilkan oleh sumber daya energi yang bersifat alamiah, yang mana tidak akan habis sehingga dapat berkelanjutan jika melalui pengelolaan yang baik, contohnya seperti Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang merupakan pembangkit listrik dengan memanfaatkan aliran air berskala kecil serta menjadi salah satu sumber energi listrik terbarukan yang sangat potensial di Indonesia. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk menganalisa pengaruh kinerja turbin Archimedes Screw dengan variasi ketinggian jatuhnya air terhadap daya yang dihasilkan. Dari hasil pengujian Turbin Archimedes Screw dengan variasi ketinggian jatuhnya air yang diukur dari tanah adalah 1,2 m, 1,4 m, dan 1,6 m, dengan bukaan katup tetap 30°, kemiringan turbin tetap 20° dengan jumlah sudu tetap, sudu 9. Pada ketinggian 1,2 m daya listrik yang dihasilkan sebesar 2,4252 watt, pada ketinggian 1,4 m daya listrik yang dihasilkan sebesar 2,5024 watt, dan pada ketinggian 1,6 m daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar 2,3736 watt. Nilai Efisiensi tertinggi dari ketiga variasi ketinggian dari turbin ini adalah pada ketinggian 1,2 m yaitu sebesar 19,23 %.

Kata kunci: PLTMH, Turbin, Ketinggian, Daya Listrik

Abstract: Energy is one of the basic needs of humans in meeting their daily needs. Renewable energy is produced by natural energy resources, which will not run out so that it can be sustainable if through good management, for example, such as Micro Hydro Power Plant (MHP) which is a power plant by utilizing small-scale water flow and is one of the potential renewable electrical energy sources in Indonesia. The purpose of this research is to analyze the effect of Archimedes Screw turbine performance with variations in water fall height on the power produced. From the test results of the Archimedes Screw Turbine with variations in the height of the water fall measured from the ground are 1.2 m, 1.4 m, and 1.6 m, with a fixed valve opening of 30°, a fixed turbine slope of 20° with a fixed number of blades, 9 blades. At a height of 1.2 m the electric power generated was 2.4252 watts, at a height of 1.4 m the electric power generated was 2.5024 watts, and at a height of 1.6 m the electric power generated was 2.3736 watts. The highest efficiency value of the three height variations of this turbine is at a height of 1.2 m, which is 19.23%.

Keywords: MHP, Turbine, Altitude, Electrical Power.

PENDAHULUAN

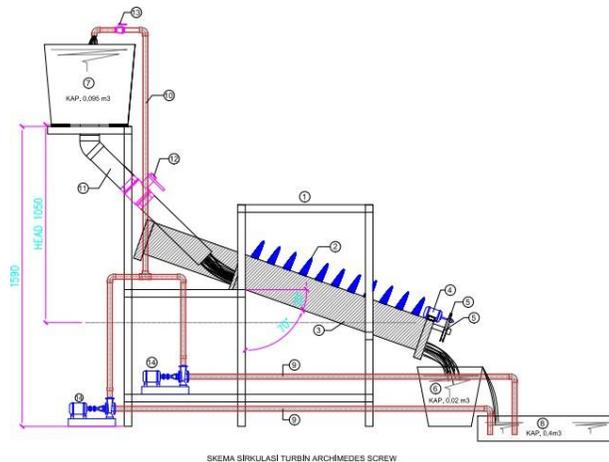
Energi merupakan kebutuhan pokok bagi manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup setiap harinya. Energi sangat penting dalam menjalankan berbagai aktivitas manusia, baik dalam sektor industri, sistem transportasi, maupun rumah tangga. Energi baru di dalam Perpres No. 5 Tahun 2006 mengenai Kebijakan Energi Nasional, merupakan bentuk dari salah satu energi yang dihasilkan teknologi baru yang berasal dari energi terbarukan maupun energi yang tidak terbarukan. Energi baru dalam hal ini adalah gas alam batubara (coal bed methane), batubara yang dicairkan (liquefied coal), hidrogen, nuklir. Energi terbarukan dihasilkan oleh sumber daya energi yang bersifat alamiah yang tidak akan pernah habis sehingga dapat berkelanjutan jika melalui pengelolaan yang baik. Contoh energi terbarukan diantaranya adalah panas bumi, panas surya, angin, aliran air sungai, bahan bakar nabati (biofuel), biogas, biomassa, suhu kedalaman laut, dan ombak laut [1]. Karenanya, penelitian tentang sumber energi yang baru dan terbarukan menjadi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi untuk masa depan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW), dengan memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber utama penghasil energinya. PLTMH termasuk dalam sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah terhadap lingkungan. Aliran sungai kecil ataupun danau yang dibendung kemudian dari ketinggian tertentu menjadikannya sumber tenaga PLTMH, aliran sungai memiliki debit yang sesuai dapat menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi penampang sungai maka, jatuhnya air semakin besar begitu juga energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik [2]. Prinsip kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah dengan memanfaatkan perbedaan elevasi dan debit aliran air per detik dari sumber seperti sungai, dari saluran irigasi, ataupun dari air terjun. Aliran air ini nantinya akan menggerakkan poros turbin yang kemudian akan mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan listrik [3]. Sedangkan energi potensial adalah energi yang diperoleh oleh suatu material akibat posisinya dalam suatu medan gaya. Ini mencakup energi gravitasi, serta energi yang berkaitan dengan fluida yang terkompresi [4]. PLTMH sendiri memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya, yaitu bersih terhadap lingkungan, tidak konsumtif terhadap pemakaian air, lebih awet (tahan lama/long life), biaya operasionalnya lebih kecil dan sesuai untuk daerah terpencil [5]. PLTMH Archimedes Screw menggunakan konsep dari teknologi kuno yaitu Archimedes screw (ulir archimedes) adalah sebuah teknologi yang digunakan dalam berbagai aplikasi. Prinsip kerja turbin ulir melibatkan aliran air melalui celah-celah berulir, di mana tekanan menurun karena laju aliran air melambat akibat hambatan yang terdapat di celah tersebut. Penurunan tekanan ini menyebabkan air memutar turbin dan, secara bersamaan, juga memutar generator [6].

Dalam pembangunan PLTMH dengan menggunakan turbin ulir, beberapa hal yang harus dipertimbangkan adalah lebar sungai, bagian dari dasar sungai, hambatan alam seperti batu, populasi pohon dan stabilisasi alur sungai. Prinsip kerjanya adalah tekanan air yang melewati bilah-bilah sudu akan menurun akibat hambatan dari sudu tersebut. Penurunan tekanan ini menyebabkan turbin berputar, dan putaran ini kemudian menggerakkan generator listrik setelah energi rotasi poros diteruskan melalui gearbox [7]. Untuk itu dilakukannya penelitian ini untuk menganalisa daya PLTMH yang dihasilkan dengan menggunakan turbin Archimedes Screw. Karena sangat penting sebagai upaya untuk mendukung pembangunan PLTMH di Indonesia. Analisa daya PLTMH bertujuan untuk mengetahui kapasitas dan daya listrik yang dapat dihasilkan dari suatu PLTMH, serta menganalisa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja PLTMH, seperti debit air, head, dan efisiensi turbin.

METODOLOGI

Pengujian ini mulai dilaksanakan secara langsung di perumahan Cluster de'ROSE – Bumi Jati Elok Jalan Raya Legok Parung Panjang, KM. 2, Malang Nengah, Kec. Pagedangan, Kab. Tangerang, Banten 15330



2.2 Teknik Pengambilan Data :

Percobaan pengujian Turbin Archimedes Screw dilakukan serentak untuk menentukan debit air, voltase, ampere, kuat arus dan rpm. Proses pengambilan data ini dilakukan pada setiap variasi ketinggian yaitu pada ketinggian 1,2 m, 1,4 m, 1,6 m. Dalam proses pengambilan data sedikitnya dilakukan tiga kali percobaan.

1. Mempersiapkan alat uji turbin dan peralatan pendukung yang diperlukan untuk pengambilan data.
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan fluida berupa air dari penampungan awal untuk menuju pengisian penampungan akhir (bak atas).
3. Menyiapkan avometer pada posisi sudah terpasang pada generator dc dan *tachometer* sudah *standby*.
4. Setelah bak pada ketinggian 1,2 m terisi penuh, kemudian katup dibuka pada posisi bukaan 30°, bukaan

katup pada pengujian alat ini tetap. Kemudian air akan mengalir mengarah pada sudu yang mengakibatkan sudu berputar. Selama sudu berputar nilai angka akan muncul pada avometer dan tachometer kemudian nilai tersebut dicatat pada buku.

5. Mengulangi percobaan sampai tiga kali pada ketinggian variasi tetap, jika sudah dilakukan sampai tiga kali, selanjutnya dilakukan percobaan pada ketinggian berikutnya, yang nantinya nilai yang di dapatkan akan dihitung untuk mendapatkan rata – ratanya.
6. Matikan pompa jika pengambilan data sudah selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit air merupakan besar volume aliran air dalam satuan waktu [8]. Pengujian debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyaknya air yang mengalir dalam satuan volume per waktu.

Ketinggian (*Head*) berpengaruh pada kinerja turbin yang menghasilkan nilai putaran, disebabkan oleh perbedaan head. Besaran head akan menghasilkan nilai putaran yang semakin meningkat seiring dengan variasi ketinggian air jatuh yang digunakan dalam pengujian penelitian. *Head* bersih merupakan perbedaan antara head ketinggian kotor dan *head* kerugian dalam sistem pipa pada pembangkit listrik mikrohidro.

Data hasil pengujian Turbin Archimedes Screw diambil menggunakan alat ukur *Avometer* untuk mengetahui tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh putaran turbin yang disalurkan ke generator dc melalui *vbelt*, kemudian untuk mengukur putaran turbin (*rpm*) menggunakan alat *Tachometer*.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Variasi Ketinggian Jatuhan Air

Ketinggian (m)	Waktu (s)	Volume Air (m ³)	Putaran Turbin (rpm)	Q (m ³ /s)	Tegangan (volt)	Kuat Arus (ampere)
1,2	10,12	0,02	72,27	0,00198	5,64	0,43
1,4	9,18	0,02	76,90	0,00218	5,44	0,46
1,6	9,84	0,02	82,10	0,00203	5,16	0,46

Pada ketinggian 1,2 m didapatkan *head* sebesar 0,65 m, untuk ketinggian 1,4 m *head* yang di dapatkan adalah sebesar 0,85 m, sedangkan pada ketinggian 1,6 m *head* mengalami peningkatan sebesar 1,05 m. *Head* akan meningkat seiring dengan tingginya jatuhan air; semakin tinggi jatuhan air, semakin besar pula nilai *head* nya.

1. Analisa Perhitungan Data Pada Ketinggian Jatuhan Air 1,2 m

Ketinggian (m)	Waktu (s)	Volume Air (m ³)	Putaran Turbin (rpm)	Q (m ³ /s)	Tegangan (volt)	Kuat Arus (ampere)
1,2	10,12	0,02	72,27	0,00198	5,64	0,43

1. Perhitungan mencari debit

$$\begin{aligned} \text{air: } Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,02}{10,12} \\ &= 0,00198 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan mencari daya hidrolis:

$$\begin{aligned} P_{in} &= p \cdot g \cdot Q \cdot h \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00198 \cdot 0,65 \text{ m} \\ &= 12,61 \text{ watt} \end{aligned}$$

3. Perhitungan mencari daya listrik:

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= 5,64 \times 0,43 \\ &= 2,4252 \text{ watt} \end{aligned}$$

4. Menghitung daya

$$\begin{aligned} \text{mekanik: } T &= \frac{P_{out}}{2\pi \frac{N}{60}} \\ &= \frac{2,4252}{2,3,14 \frac{72,27}{60}} \\ &= 0,320 \text{ Nm} \end{aligned}$$

5. Mencari efisiensi dari turbin:

$$\begin{aligned} \eta T &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{2,4252}{12,61} \times 100\% \\ &= 19,23 \% \end{aligned}$$

2. Analisa Perhitungan Data Pada Ketinggian Jatuhan Air 1,4 m

Ketinggian (m)	Waktu (s)	Volume Air (m ³)	Putaran Turbin (rpm)	Q (m ³ /s)	Tegangan (volt)	Kuat Arus (ampere)
1,4	9,18	0,02	76,90	0,00218	5,44	0,46

1. Perhitungan mencari debit

$$\begin{aligned} \text{air: } Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,02}{9,18} \\ &= 0,00218 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan mencari daya hidrolis:

$$\begin{aligned} P_{in} &= p \cdot g \cdot Q \cdot h \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00218 \cdot 0,85 \text{ m} \\ &= 18,15 \text{ watt} \end{aligned}$$

3. Perhitungan mencari daya listrik:

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= 5,44 \times 0,46 \\ &= 2,5024 \text{ watt} \end{aligned}$$

4. Menghitung daya

$$\begin{aligned} \text{mekanik: } T &= \frac{P_{out}}{2\pi \frac{N}{60}} \\ &= \frac{2,5024}{2,3,14 \frac{76,90}{60}} \\ &= 0,310 \text{ Nm} \end{aligned}$$

5. Mencari efisiensi dari turbin:

$$\begin{aligned} \eta T &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{2,5024}{18,15} \times 100\% \\ &= 13,78 \% \end{aligned}$$

3. Analisa Perhitungan Data Pada Ketinggian Jatuhan Air 1,6 m

Ketinggian (m)	Waktu (s)	Volume Air (m ³)	Putaran Turbin (rpm)	Q (m ³ /s)	Tegangan (volt)	Kuat Arus (ampere)
1,6	9,84	0,02	82,10	0,00203	5,16	0,46

1. Perhitungan mencari debit air:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,02}{9,84} \\ &= 0,00203 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan mencari daya hidrolis:

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00203 \cdot 1,05 \text{ m} \\
 &= 20,88 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan mencari daya listrik:

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \\
 &= 5,16 \times 0,46 \\
 &= 2,3736 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

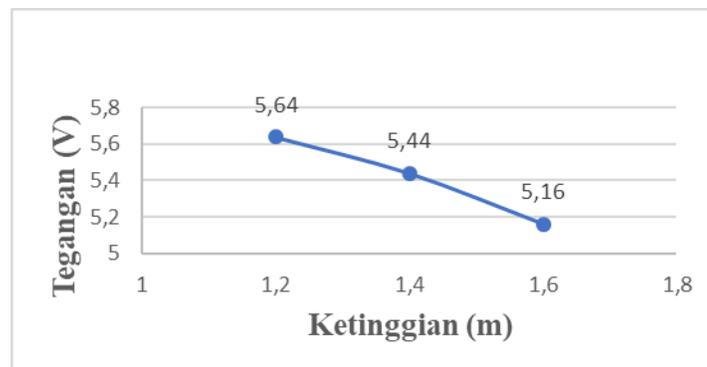
4. Menghitung daya mekanik: T

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P_{out}}{2\pi \frac{N}{60}} \\
 &= \frac{2,3736}{2,3,14 \frac{82,10}{60}} \\
 &= 0,276 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

5. Mencari efisiensi dari turbin:

$$\begin{aligned}
 \eta T &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,3736}{20,88} \times 100\% \\
 &= 11,36 \%
 \end{aligned}$$

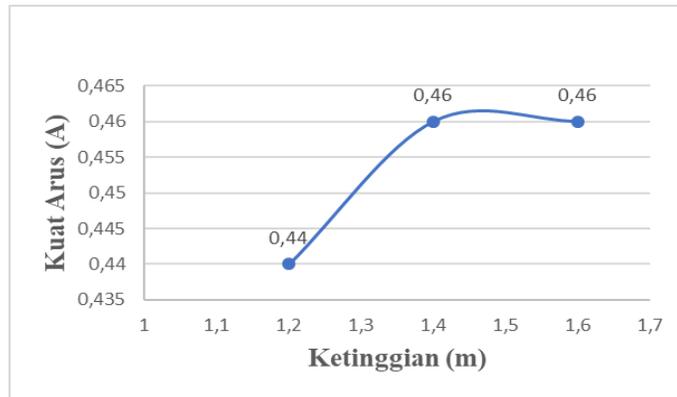
4. Pengaruh Variasi Ketinggian Jatuhan Air Terhadap Tegangan



Gambar 1. Grafik Tegangan Yang Dihasilkan

Dari hasil grafik di atas menunjukkan bahwa nilai tegangan yang di dapatkan pada ketinggian 1,2 m lebih besar di dibandingkan pada ketinggian 1,6 m. Untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan pada turbin ini diperlukan nilai dari tegangan, karenanya tegangan ini akan berpengaruh nilainya terhadap perbedaan variasi ketinggian jatuhnya air. Pada ketinggian 1,2 m cenderung lebih besar karena pada saat pengujian alat aliran fluida cenderung lebih lancar dan stabil di dibandingkan pada ketinggian 1,4 m dan 1,6 meter yang mengalami crash akibat dari gaya dorong aliran air yang semakin tinggi akan semakin kuat.

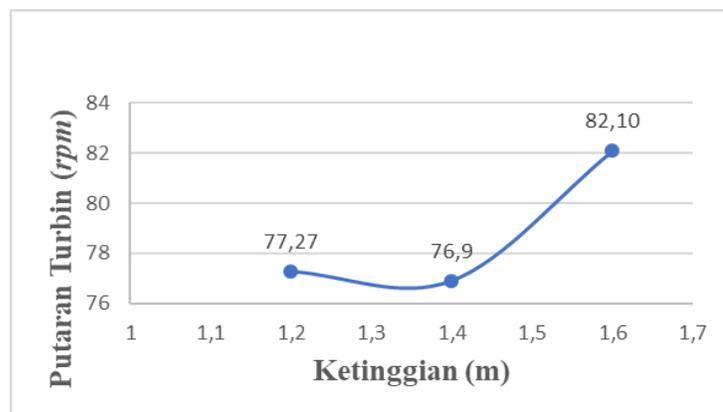
5. Pengaruh Variasi Ketinggian Jatuhan Air Terhadap Kuat Arus



Gambar 2. Grafik Kuat Arus Yang Dihasilkan

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat melalui grafik di atas bahwa pada ketinggian 1,2 m kuat arus yang di dapat adalah sebesar 0,44 A, untuk ketinggian 1,4 m dan 1,6 m kuat arus yang di dapat adalah sama yaitu sebesar 0,46 A. Hubungan antara ketinggian jatuhnya air dengan kuat arus sama halnya seperti tegangan, dan rpm, karena untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan turbin ini perlu untuk mengetahui nilai dari tegangan, kuat arus, dan juga rpm untuk dihitung dan di analisa.

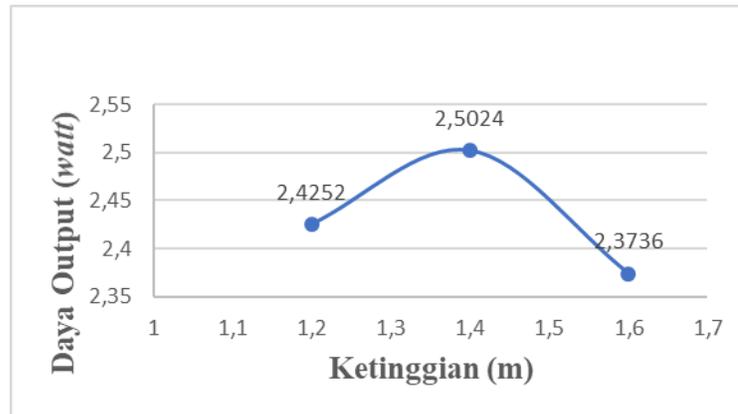
6. Pengaruh Variasi Ketinggian Jatuhan Air Terhadap Putaran Turbin



Gambar 3. Grafik Putaran Turbin Yang Dihasilkan

Grafik di atas menunjukkan bahwa kecepatan putaran turbin sangat tergantung pada ketinggian (head) turbin. Semakin tinggi head yang dimiliki, semakin besar pula kecepatan putaran turbin yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh pengaruh percepatan gravitasi serta head dari aliran air di setiap variasi ketinggian. Dapat dilihat bahwa pada ketinggian 1,2 m putaran yang di dapat adalah sebesar 77,27 rpm, untuk ketinggian 1,4 m putaran yang di dapat adalah sebesar 76,9 rpm, dan pada ketinggian 1,6 m putaran yang di dapat adalah sebesar 82,10.

7. Pengaruh Variasi Ketinggian Jatuhan Air Terhadap Daya Output Listrik



Gambar 4. Grafik Daya Output Yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 4.7 di atas, pada ketinggian 1,2 m, daya listrik yang dihasilkan adalah 2,4252 watt. Pada ketinggian 1,4 m, daya listrik yang diperoleh meningkat menjadi 2,5024 watt, sementara pada ketinggian 1,6 m, daya listrik yang dihasilkan turun menjadi 2,3736 watt.

Pada ketinggian 1,6 m mengalami penurunan disebabkan oleh faktor diantaranya, vbelt mengalami slip dikarenakan air yang mengalir mengalami tumpahan sehingga kinerja turbin tidak maksimal secara keseluruhan, sehingga daya listrik yang dihasilkan mengalami penurunan, karena kecepatan daya aliran air yang besar sehingga air memiliki daya dorong yang kuat mengakibatkan terjadinya turbulensi pada turbin sehingga turbin mengalami goyangan yang tidak stabil.

KESIMPULAN

1. Daya output yang dihasilkan dari hasil percobaan menunjukkan hasil pada variasi ketinggian 1,4 m mendapatkan hasil lebih tinggi yaitu sebesar 2,5024 watt, dibandingkan dengan ketinggian 1,2 m dan 1,6 m yaitu sebesar 2,4252 watt dan 2,3736 watt. Pada ketinggian 1,6 m mengalami penurunan daya listrik karena terjadi turbulensi ataupun tubrukan yang tidak normal pada turbin sehingga air mengalami tumpahan dan tidak stabil.
2. Nilai efisiensi yang didapat turbin Archimedes Screw diatas berpengaruh terhadap variasi ketinggian. Efisiensi turbin tertinggi dihasilkan pada ketinggian 1,2 m sebesar 19,23%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Selatan, “Jurnal Mahasiwa Ilmu Administrasi Publik (JMIAP),” vol. 2, no. 4, pp. 28–35, 2020.
- [2] Ihat Solihat, “Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh),” *Inov. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 7–14, 2020, [Online]. Available: <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/3511089>
- [3] J. Teknik, E. Politeknik, N. Padang, K. Limau, and M. Padang, “Studi Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Daya yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara Analysis Study of Water Discharge Influence Towards the Power that Resulting from Micro Hydro Power Plant i,” vol. 11, no. April, pp. 53–63, 2016.
- [4] J. Ilmiah and W. Pendidikan, “1 , 2 , 3,” vol. 8, no. 14, pp. 286–296, 2022.
- [5] N. D. dan H. Mohammad2, “Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik,” pp. 1–10, 2018.
- [6] M. Archimedes, S. Pada, D. Pedalaman, M. Tebai, F. Hunaini, and M. Mukhsim, “Journal of Application and Science Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Portable Menggunakan,” vol. 3, no. October 2021, pp. 29–39, 2022.
- [7] I. P. Wahyu Indra Wedanta, W. Arta Wijaya, and L. Jasa, “Analisa Pengaruh Kemiringan Head Dan Variasi Sudut Blade Turbin Ulir Terhadap Kinerja Pltmh,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, p. 73, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p9.
- [8] D. Program, S. Teknik, F. Teknik, and K. B. Jimbaran, “OUTPUT PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN CROSSFLOW,” vol. 7, no. 3, 2020.