

PENGARUH SISTEM TRANSMISI TURBIN ARCHIMEDES SCREW TERHADAP DAYA OUTPUT GENERATOR

Sudirman¹, Andreas Raja Ola Lewar²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹sudirman_dhuha@borneo.ac.id

²lewarraja@gmail.com

Abstract - Indonesia has abundant renewable natural resources, including water energy. However, due to limited human resources to manage energy effectively, this potential is still underutilized. The potential of low-head water energy needs to be developed for use in power generation. Low-head water energy can be converted using specialized water turbines, one of which is the Archimedes screw turbine. This study aims to evaluate the performance of a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) using an Archimedes Screw turbine through modifications to the transmission system, including the power and efficiency of the modified PLTMH Archimedes Screw turbine. The experimental method was employed, designing a transmission system with a ratio of 1.83:1, a driving pulley diameter (D_1) of 50.8 mm, and a driven pulley diameter (D_2) of 93.25 mm. The results from the calculations and research showed a hydraulic power of 43.81 watts, the highest output power produced by the generator was 0.46652 watts, and the efficiency of the PLTMH Archimedes Screw turbine was 0.010%.

Keywords - Design, Pulley, Transmission System, Archimedes Screw Turbine

Intisari - Indonesia memiliki banyak sumber daya alam terbarukan yang dapat dimanfaatkan termasuk energi air, tetapi karena keterbatasan sumber daya manusia untuk mengelola energi saat ini, potensi ini masih kurang dimanfaatkan dengan baik. Potensi energi air dengan *head* rendah harus dikembangkan untuk digunakan dalam pembangkit listrik. Energi air dengan *head* rendah dapat dikonversi menggunakan turbin air khusus salah satunya turbin air tipe Archimedes screw. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari PLTMH Turbin Archimedes Screw melalui modifikasi sistem transmisi yang meliputi daya dan efisiensi dari PLTMH Turbin Archimedes Screw hasil modifikasi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan perancangan sistem transmisi dengan rasio 1,83:1, diameter pulley penggerak (D_1) 50,8 mm dan diameter pulley yang digerakan (D_2) adalah 93,25 mm, hasil perhitungan dan penelitian menunjukkan nilai daya hidrolis 43,81 watt, daya output tertinggi yang dihasilkan generator ialah 0,46652 watt, serta efisiensi dari PLTMH turbin Archimedes Screw adalah 0,010%.

Kata Kunci - Perancangan, Pulley, Sistem Transmisi, Turbin Archimedes.

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak sumber daya alam terbarukan yang dapat dimanfaatkan termasuk energi air, tetapi karena keterbatasan sumber daya manusia untuk mengelola energi saat ini, potensi ini masih kurang dimanfaatkan dengan baik. Saat ini, turbin kaplan, pelton,

crossflow, dan turbin francis digunakan pada debit dan *head* sedang hingga tinggi. Namun, debit dan *head* rendah masih kurang

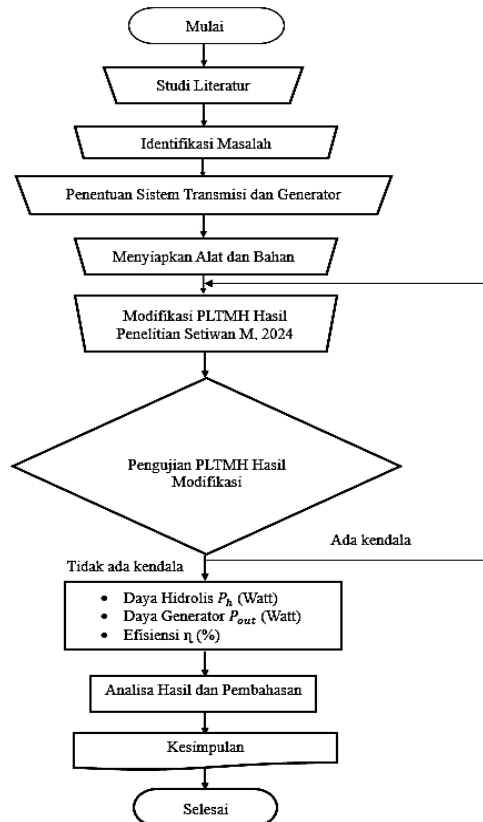
dimanfaatkan, padahal potensi energi air dengan *head* rendah sangat besar di Indonesia. Oleh karena itu, potensi energi air dengan *head* rendah harus dikembangkan untuk digunakan dalam pembangkit listrik. Energi air dengan *head* rendah dapat di konversi menggunakan turbin air khusus salah satunya turbin air tipe archimedes screw. Turbin air tipe Archimedes Screw merupakan tipe turbin air yang sangat sesuai yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik pada sungai-sungai di wilayah Indonesia, karena turbin ini dapat beroperasi dengan *head* yang rendah. Meskipun penggunaan energi air sebagai sumber energi terbarukan umumnya membutuhkan biaya yang cukup tinggi, pada skala kecil, hal ini bisa direalisasikan dengan menggunakan teknologi terbarukan seperti turbin air tipe Archimedes Screw.

Menurut Saputra dkk [1], kegunaan dari pembangkit listrik energi terbarukan ini ialah menyediakan sumber listrik yang efektif digunakan di pedesaan, populasi kecil dan permintaan energi yang rendah dalam hal ini menggunakan mikrohidro. Mikrohidro ialah salah satu pemanfaatan potensi aliran air dengan mengubah aliran air pada debit tertentu dan ketinggian rendah menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Generator dalam PLTMH berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin menjadi energi listrik. Sistem transmisi menghubungkan turbin dengan generator dan berfungsi untuk mentransfer putaran dari turbin ke poros generator.

Telah dilakukan penelitian pada tahun 2021 oleh Andhika dkk [2], mengenai Pembangkit Listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin Archimedes Screw. Penelitian tersebut tanpa menggunakan sistem transmisi dengan sudut ulir 28° dan sudut kemiringan turbin 32°, tegangan yang dihasilkan sebesar ± 12 Volt DC pada putaran generator 128 rpm. Kemudian pada tahun 2023 dilakukan penelitian oleh Fikri dkk [3], mengenai pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dimana penelitian tersebut kurang dalam penyesuaian sistem transmisinya. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Setiawan, M pada tahun 2024 [4], berdasarkan hasil penelitian tersebut masih terdapat beberapa hasil yang belum optimal. Sistem transmisi yang digunakan pada penelitian tersebut belum optimal dalam menghasilkan daya, hal ini terlihat dengan rendahnya efisiensi yaitu 0,005 % sehingga perlu dilakukan modifikasi pada sistem transmisinya dan pemilihan spesifikasi generator yang tepat.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Eksperimen dengan melakukan modifikasi sistem transmisi dan melakukan pengujian dan analisis data yang dilaksanakan pada bulan September 2024 sampai dengan bulan Januari 2025 bertempat di Lab Laboratorium Mesin Konversi Energi. Alur penelitian dapat terlihat seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Tachometer*
2. *Multimeter*
3. *Stopwatch*
4. *Toll Set*

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Generator*
2. *Pulley*
3. *V-Belt*
4. *Air*

B. Metode Pengujian

Pada tahapan ini ditentukan metode - metode yang akan dilakukan peneliti dalam memaksimalkan daya melalui modifikasi sistem transmisi yaitu sebagai berikut.

1. Persiapan Pengujian

- a. Menyediakan peralatan yang diperlukan untuk penelitian
- b. Memasang peralatan yang akan digunakan dalam penelitian

c. Menyiapkan alat ukur yang diperlukan dalam penelitian, seperti *Multimeter* dan *Tachometer*.

2. Pengujian PLTMH Hasil Modifikasi

Setelah persiapan pengujian selesai, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian terhadap alat uji hasil modifikasi, dengan tahapan-tahapan sebagai berikut

- a. Menyiapkan turbin *Archimedes Screw* hasil modifikasi dan air dalam wadah, yang dimana air mengalir ke permukaan rendah sehingga dapat memutar *screw* turbin.
- b. Menyiapkan alat ukur untuk mengetahui daya keluar
- c. Mengukur laju aliran (Debit aliran air)
- d. Menghitung daya hidrolis
- e. Menghitung efisiensi daya yang keluar
- f. Menganalisa daya hidrolis dan efisiensi turbin
- g. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian turbin *Archimedes Screw*.

3. Perhitungan Data

Sebelum melakukan perhitungan data maka terlebih dahulu peneliti melakukan pengujian terhadap alat uji. Pada pengambilan data pada debit aliran dilakukan pengujian ulang sebanyak lima kali untuk mendapatkan tegangan listrik (v), kuat arus listrik (A), putaran (rpm).

a. Debit Aliran

$$Q = \frac{8}{15} \times cd \left(\tan \frac{\theta}{15} \right) \sqrt{2 \cdot g} \times h^{5/2} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Debit Aliran / kapasitas aliran (m^3/s)

cd = *Discharge Coefficient* (0,62)

θ = Sudut V-notch

g = Gravitasi Bumi ($9,8 m/s^2$)

h = ketinggian Permukaan fluida (m)

b. Daya Hidrolis

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2)$$

Keterangan:

P_{in} = Daya Hidrolis (Watt)

ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m^3)

Q = Debit Aliran (m^3/s)

H = *Head Total* (m)

g = Gaya Gravitasi

c. Daya Generator (P_{out})

$$P_{out} = V \cdot I_n \quad (3)$$

Keterangan:

P_{out} = Daya Generator (Watt)

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Kuat Arus Listrik (Ampere)

d. Efisiensi Turbin (η_s)

$$\eta = \frac{\text{Daya Generator } (P_{out})}{\text{Daya Hidrolik } (P_{in})} \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan:

η = Efisiensi (%)

P_{in} = Daya Hidrolis (Watt)

P_{out} = Daya Generator (Watt)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menghitung Debit Aliran

Sebelum melakukan pengambilan data arus listrik dan tegangan, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan serta menghitung debit aliran menggunakan penampung air *V-notch* dengan cara mengukur ketinggian air pada setiap debit. Tahapan berikutnya meliputi perhitungan potensi daya hidroliks, dilanjutkan dengan menghitung potensi daya turbin. Langkah terakhir adalah menghitung efisiensi daya yang dihasilkan berdasarkan keseluruhan data yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya. Untuk mencari ketinggian air setiap debit pada *V-notch* menggunakan rumus berikut:

$$Q = \frac{8}{15} \times cd \left(\tan \frac{\theta}{15} \right) \sqrt{2 \cdot g} \times h^{5/2}$$

$$h^{5/2} = \frac{Q}{\frac{8}{15} \times cd \times \tan \frac{\theta}{15} \times \sqrt{2 \cdot g}}$$

$$h^{5/2} = \frac{0,0056 \text{ m}^3/\text{s}}{0,5333 \times 0,6 \times 1 \times 4,429}$$

$$h^{5/2} = \frac{0,0056}{1,41719}$$

$$h^{5/2} = 0,003951$$

$$h = (0,003951)^{2/5}$$

$$h = 0,1093 \text{ m}$$

$$h = 10,9 \text{ cm}$$

Jadi, ketinggian air pada *V-notch* untuk debit 0,0056 m^3/s adalah 10,9 cm

B. Menghitung Daya Hidrolis

Perhitungan daya hidroliks dapat dilakukan dengan mengetahui berat jenis air, debit air, percepatan gravitasi bumi, dan *head*.

Tabel I

Pengambilan data daya hidroliks

Debit aliran (m^3/s)	Berat jenis air (kg/m^3)	Percepatan gravitasi Bumi (m/s^2)	Ketinggian (m)
0,0056	998	9,8	0,8

Pada tabel menunjukan hasil pengujian dan pengambilan data pada daya hidroliks turbin *Archimedes Screw* dan dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

- Debit 0,0056 m^3/s

$$P_{In} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_{In} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_{In} = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,0056 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 0,8 \text{ m}$$

$$P_{In} = 43,81 \text{ watt}$$

Jadi, hasil perhitungan daya hidroliks yang didapat pada debit 0,0056 m^3/s adalah 43,81 watt

C. Data Arus Listrik

Pada Gambar menunjukan proses pengambilan data arus yang dilakukan pada saat pengujian. Arus listrik yang dihasilkan diukur dengan multimeter digital untuk memperoleh nilai arus yang terukur.

Setelah dilakukan penelitian dan pengambilan data maka didapatkan hasil data kuat arus pada turbin *Archimedes Screw* pada debit 0,0056 m^3/s yang ditampilkan pada Tabel II



Gambar 2. Pengukuran Arus Listrik

Tabel II

Data Hasil Pengujian Arus Listrik

Debit (m^3/s)	Per.1 mA	Per.2 mA	Per.3 mA	Per.4 mA	Per.5 mA	Rata-rata mA
0,0056	28,79	28,71	28,62	28,78	28,77	28,734

D. Data Tegangan

Pada Gambar 3 ditunjukkan proses pengambilan data tegangan dilakukan dengan menggunakan alat multimeter digital mencari tegangan dengan satuan volt. Pada Tabel III ditunjukkan hasil pengujian dalam menentukan data tegangan yang didapatkan selama pengujian.



Gambar 3. Pengukuran Daya tegangan

Tabel III

Pengukuran Tegangan

Debit (m^3/s)	Per.1 (v)	Per.2 (v)	Per.3 (v)	Per.4 (v)	Per.5 (v)	Rata-rata (v)
0,0056	16,21	16,25	16,23	16,20	16,29	16,24

Pengukuran Tegangan pada debit air 0,0056 m^3/s , pada percobaan pertama mendapatkan hasil tegangan 16,21 volt, percobaan kedua 16,25 volt, percobaan ketiga 16,23 volt, percobaan keempat 16,20 volt, dan percobaan kelima 16,29 volt. Sehingga didapatkan hasil rata-rata tegangan 16,236 volt.

E. Perhitungan Daya Generator

Debit 0,0056 m^3/s

$$P_{out} = V \cdot I$$

$$P_{out} = 16,236 \text{ V} \times 0,028734 \text{ A}$$

$$P_{out} = 0,46652 \text{ Watt}$$

Jadi hasil daya *output* yang didapatkan sebesar 0,46652 watt, hal ini dipengaruhi oleh putaran turbin yang dimana pada arus listrik diperoleh nilai 0,028734 A dan tegangannya senilai 16,236 volt.

Pada Gambar 4. Proses pengambilan data pada putaran turbin menggunakan alat *tachometer* yang dimana berfungsi untuk mencari Rpm. Pada tabel IV

menunjukkan hasil dari pengujian dalam menentukan putaran turbin.



Gambar 4. Pengukuran Putaran Turbin

Pada debit $0,0056 \text{ m}^3/\text{s}$ pengujian terhadap putaran turbin pada percobaan pertama menghasilkan hasil 267,4 rpm, percobaan kedua 268,2 rpm, percobaan ketiga 275,4 rpm, percobaan keempat 283,8 rpm, dan percobaan kelima 278,2 rpm. Sehingga mendapatkan nilai rata-rata 274,6 rpm.

Tabel IV
Data Hasil Pengujian Putaran

Debit (m^3/s)	Per.1 (rpm)	Per.2 (rpm)	Per.3 (rpm)	Per.4 (rpm)	Per.5 (rpm)	Rata-rata (rpm)
0,0056	267	268	275	283	278	274

F. Perhitungan Efisiensi PLTMH

$$\eta = \frac{\text{Daya Generator } (P_{out})}{\text{Daya Hidrolik } (P_{in})} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{0,46652 \text{ watt}}{43,81 \text{ watt}} \times 100 \%$$

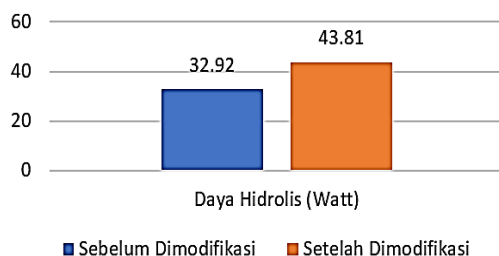
$$\eta = 0,010 \%$$

Jadi, efisiensi PLTMH turbin *Archimedes Screw* yang didapatkan berdasarkan data diatas mendapatkan nilai efisiensi sebesar 0,010%.

G. Pembahasan

a. Perbandingan Daya Hidrolik

Dalam konteks turbin air seperti turbin *Archimedes Screw*, daya hidrolik adalah energi yang dihasilkan oleh air yang memutar *screw* turbin dan diubah menjadi energi mekanik.



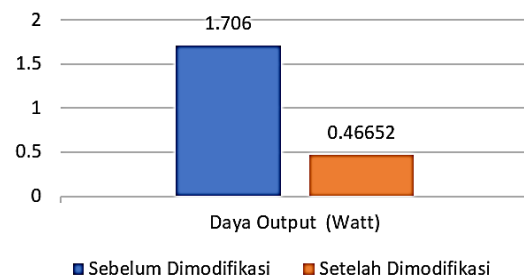
Gambar 5. Perbandingan Daya Hidrolik

Grafik perbandingan daya hidrolik merupakan perbandingan daya yang masuk ke turbin sebelum dan sesudah dimodifikasi, yang dimana mengalami peningkatan dari 32,92 watt menjadi 43,81 watt. Peningkatan ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk perubahan desain yang meningkatkan efisiensi aliran air pada saat pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai potensi daya hidrolik yang

dihasilkan oleh aliran air dari suatu ketinggian tertentu. Daya hidrolik tersebut dihitung menggunakan rumus berikut $P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ dengan mengalikan massa jenis air dengan gaya gravitasi, hasil debit yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya serta *head* atau ketinggian.

b. Perbandingan Daya Output

Dalam konteks turbin *Archimedes Screw*, daya *output* mengukur seberapa banyak energi mekanik yang dihasilkan dari putaran *screw* turbin, yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator.

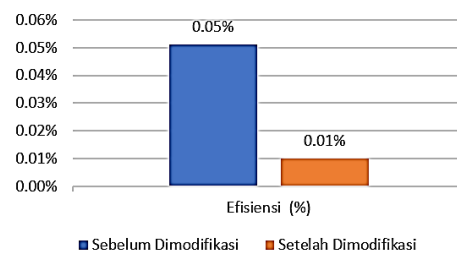


Gambar 6. Perbandingan Daya Output

Grafik perbandingan daya *output* merupakan perbandingan daya yang keluar dari turbin sebelum dan sesudah dimodifikasi, yang dimana sebelum Modifikasi daya *output* turbin adalah 1,706 Watt. Ini berarti sebelum dilakukan perubahan atau perbaikan apapun, turbin mampu menghasilkan energi listrik sebesar 1,706 Watt.

Setelah dimodifikasi daya *output* turun menjadi 0,46652 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan modifikasi, daya *output* justru mengalami penurunan yang signifikan.

c. Perbandingan Efisiensi PLTMH Turbin *Achimedes Screw*



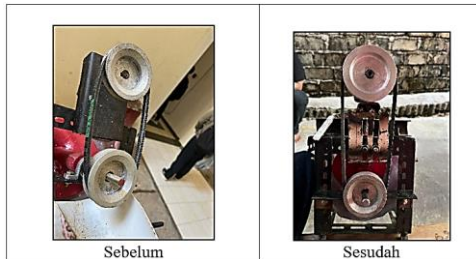
Gambar 7. Perbandingan Efisiensi

Grafik perbandingan efisiensi PLTMH menggunakan turbin *Archimedes Screw* merupakan perbandingan seberapa efektif PLTMH dalam mengubah energi potensial air menjadi energi listrik sebelum dan sesudah dimodifikasi, yang dimana mengalami penurunan dari 0,05% menjadi 0,01%.

d. Perbandingan Sistem Transmisi dan Generator Sistem Transmisi

Perbandingan sistem transmisi sebelum dan sesudah dimodifikasi yang dimana pada penelitian ini untuk menurunkan putaran dari 550,7 rpm menjadi 300 rpm dengan memodifikasi sistem transmisi. Pada penelitian sebelumnya digunakan sistem transmisi *pulley* dengan

perbandingan 1:1 berarti bahwa *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakan memiliki diameter yang sama. Dengan demikian putaran yang dihasilkan pada *pulley* yang nigericin sama dengan putaran pada *pulley* penggerak, menghasilkan putaran tertinggi 550,7 rpm dan daya *output* yang dihasilkan yaitu 1,706 watt.



Gambar 8. Sistem transmisi sebelum dan sesudah dimodifikasi

Generator yang digunakan pada penelitian sebelumnya adalah generator DC dengan daya *output* 28 watt, dan tegangan 140 volt. Pada saat pengujian menghasilkan daya *output* 1,706 watt.

Sedangkan generator yang digunakan pada penelitian ini dengan putaran 300 rpm dapat menghasilkan daya 30 watt, tegangan 24 volt. Pada saat pengujian daya *output* yang dihasilkan ialah sebesar 0,46652 watt pada putaran 274,6 rpm.

 Sebelum	 Sesudah
Spesifikasi Generator • Tipe Generator: Generator DC • Putarannya: • Daya <i>output</i> : 28 watt • Tegangan <i>output</i> : 140 volt	Spesifikasi Generator • Tipe Generator: Generator DC • Putaran Maksimum: 300 rpm • Daya <i>output</i> : 30 watt • Tegangan <i>output</i> : 24 volt

Gambar 9. Generator

Generator yang digunakan pada penelitian sebelumnya adalah generator DC dengan daya *output* 28 watt, dan tegangan 140 volt. Pada saat pengujian menghasilkan daya *output* 1,706 watt.

Sedangkan generator yang digunakan pada penelitian ini dengan putaran 300 rpm dapat menghasilkan daya 30 watt, tegangan 24 volt. Pada saat pengujian daya *output* yang dihasilkan ialah sebesar 0,46652 watt pada putaran 274,6 rpm.

e. Perbandingan Uji Pembebanan

Berdasarkan penggunaan sistem transmisi pada penelitian sebelumnya dan penelitian ini pada uji beban, dan dari data hasil pengujian pada penelitian sebelumnya dan penelitian ini terdapat ketidak sinkronan antara daya yang dihasilkan dengan penggunaan beban yang diberikan yang dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan beban lampu LED 0,3 Watt, 0,6 Watt. Pengujian menunjukan dengan lampu LED 0,3 Watt dan 0,6 Watt dapat menyala, tapi pengujian dengan daya lampu 5 Watt tidak menyala.

Sedangkan pada penelitian ini percobaan pengujian menggunakan beban lampu 5 Watt dengan menggunakan daya output atau daya listrik generator yang didapatkan pada pengujian dan perhitungan sebelumnya dapat menyalakan lampu 5 watt. Hal ini menunjukan pada penelitian ini terdapat ketidak sinkronan antara daya yang dihasilkan dengan percobaan pengujian beban yang digunakan.



Gambar 10. Uji Pembebanan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil modifikasi sistem transmisi PLTMH turbin *Archimedes Screw* dan serangkaian pengujian dan analisis data yang telah dilakukan oleh peneliti, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Telah dilakukan modifikasi sistem transmisi *pulley* dengan rasio perbandingan yang semula 1:1 menjadi 1,82:1, dengan diameter *pulley* penggerak (D_1) 50,8 mm dan diameter *pulley* yang digerakan (D_2) adalah 93,25 mm.
2. Pengujian generator didapatkan nilai daya *output* generator yang tertinggi pada saat pengujian menggunakan generator tipe DC dengan daya 30 Watt, 24 Volt dengan putaran maksimal 300 rpm, nilai tertinggi didapatkan pada debit $0,0056 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu 0,46652 Watt pada putaran 276,4 rpm. Namun pada saat percobaan pengujian menggunakan beban, daya tersebut dapat menyalakan lampu 5 Watt.
3. Data yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya oleh Setiawan, M (2024) dan penelitian ini terjadi ketidak sinkronan daya yang dihasilkan dengan hasil pengujian beban yang digunakan, pada penelitian ini daya 0,46652 Watt dapat menyalakan lampu 5 Watt sedangkan pada penelitian sebelumnya daya yang dihasilkan tidak dapat menyalakan bola lampu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Saputra, A. I. Weking, and I. W. Artawijaya, "Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 18, 2019.
- [2] R. Andhika, Hairullah, and M. C. Vanessa, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Turbin Archimedes Screw Bilah Lima Dengan Sistem Pengontrolan Inlet Air dan Monitoring Berbasis IoT," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2021.
- [3] Fikri, D. Ramdhani, and Hasdiansah, "Optimalisasi Kinerja Archimedes Screw Menggunakan Sistem

Transmisi Terhadap Output Daya (Watt)," *Jurnal Teknologi Terapan*, pp. 1–9, 2023.

- [4] M. Setiawan, "Rancang Bangun Turbin Archimedes Screw," Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, 2024.