

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI SUDUT KEMIRINGAN POROS TERHADAP EFISIENSI PADA TURBIN ULIR TIPE *DOUBLE BLADE*

Zanuar Ahmad Hasani<sup>1\*</sup>, Kun Suharno<sup>1</sup>, Trisma Jaya Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Tidar

\*Corresponding author: [zanuar.ahmad.hasani@students.untidar.ac.id](mailto:zanuar.ahmad.hasani@students.untidar.ac.id)

Diterima: 22 Januari 2024

Direvisi: 27 Februari 2024

Disetujui: 25 Mei 2024

Terbit online: 26 Juli 2024

### ABSTRAK

Sumber Energi Terbarukan (EBT) seharusnya dapat dimanfaatkan dengan baik, sebagai upaya untuk mengurangi krisis energi dan dampak polusi. Salah satunya dengan mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Jenis turbin yang berpotensi untuk pembuatan PLTMH pada sungai-sungai di Indonesia yaitu turbin ulir. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui performa dari turbin ulir dengan menggunakan variasi sudut kemiringan poros turbin dengan variasi sudutnya yaitu 32°, 36°, 40° dan 44°. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sudut kemiringan poros turbin dapat mempengaruhi kinerja turbin ulir. Hasil yang diperoleh menunjukkan kemiringan poros turbin dengan sudut 32° mendapatkan performa yang maksimal dengan nilai torsi sebesar 0,930 Nm, daya yang dihasilkan yaitu 33,085 Watt, dan efisiensinya yaitu 87%. Untuk hasil terendah didapatkan pada variasi sudut 44° dengan torsi yang dihasilkan yaitu 0,702 Nm, daya sebesar 23,034 Watt dan efisiensinya 51%.

**Kata kunci:** Archimedes Screw, EBT, PLTMH, turbin ulir.

### ABSTRACT

*Renewable Energy Sources (EBT) must be utilized properly, as an effort to reduce the energy crisis and the impact of pollution. One of his effort can be done is developing a Micro Hydro Power Plant (MHP). The type of turbine that has the potential for making MHP on rivers in Indonesia is the screw turbine. The aim of this research is to determine the performance of a screw turbine using variations in the tilt angle of the turbine shaft with variations the angles are 32°, 36°, 40° and 44°. The results of this research show that the inclination angle of the turbine shaft can affect the performance of the screw turbine. The results obtained show that tilting the turbine shaft at an angle of 32° achieves maximum performance with a torque value of 0.930 Nm, the power produced is 33.085 Watts, and the efficiency is 87%. The lowest results were obtained at a 44° angle variation with the resulting torque being 0.702 Nm, power of 23.034 Watts and efficiency of 51%.*

**Keywords:** Archimedes Screw, MHP, renewable Energy, screw turbine.

## 1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah berencana untuk dapat mewujudkan nol emisi karbon pada tahun 2060 atau dapat lebih maju. Pada sektor energi dapat diupayakan dengan mendorong pengembangan pembangkit energi baru dan terbarukan (EBT). Potensi sumber energi terbarukan yang dimiliki Indonesia sangat melimpah dengan total potensi daya sebesar 3.686 GW. Dari potensi tersebut telah dimanfaatkan 0,3% atau 12,54 GW, angka tersebut sangatlah kecil jika dibandingkan dengan potensi sumber energi terbarukan yang dimiliki Indonesia[1].

Salah satu potensi sumber energi yang bisa dimanfaatkan adalah saluran irigasi dan sungai-sungai kecil di wilayah pedesaan Indonesia, yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTMH atau pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Cara kerja sebuah PLTMH adalah dengan mengandalkan gaya yang dihasilkan dari debit air dan tinggi terjunan (*head*). Dengan begitu maka bisa memberikan solusi untuk daerah-daerah terpencil dalam pemenuhan kebutuhan listrik [2].

Turbin ulir atau sering disebut *Archimedes Screw* adalah jenis turbin air yang termasuk kedalam jenis pembangkit listrik tenaga air kecil dengan kapasitas antara 1 MW-10 MW dan mampu dipasang pada tempat yang memiliki perbedaan ketinggian total 8 m-10 m dan untuk debit aliran air 1 m<sup>3</sup>/s-10 m<sup>3</sup>/s. Sudut kemiringan poros untuk turbin ulir mulai dari 22°-35° [3]. Kinerja dari turbin ulir dipengaruhi dari posisi kemiringan penempatan turbin tersebut. Dari penelitian sebelumnya tentang pengaruh kemiringan sudut poros terhadap kinerja turbin, menunjukkan hasil yang bervariasi pada setiap kemiringan yang berbeda. Dari penelitian tersebut menghasilkan daya listrik sebesar 43,95 watt pada debit air 7 liter/detik, pada sudut kemiringan turbin 40° dan menghasilkan kecepatan putar turbin 930 rpm [4].

Jumlah sudu (*blade*) pada sebuah turbin dapat mempengaruhi kinerja dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Volume *bucket* yang dimiliki turbin ulir sudu ganda lebih besar dari pada volume *bucket* sudu tunggal, sehingga torsi dari turbin sudu ganda lebih besar. Turbin sudu ganda menghasilkan daya turbin sebesar 48,8 W pada kecepatan putar rata-rata 115,3 rpm berdasarkan hasil percobaan. Dengan efisiensi yang didapatkan sebesar 42% [5].

Berdasarkan data awal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kemiringan poros turbin ulir terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan, dengan menggunakan variasi sudut kemiringan turbin sebesar 32°, 36°, 40° dan 44°. Penelitian dilakukan melalui pemodelan berwujud *prototype* dari turbin ulir dengan tipe sudu ganda.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Proses pengujian dilakukan selama 3 bulan, dimulai pada bulan Agustus sampai Oktober 2023. Tempat pengujian dilaksanakan di Dusun Kalisalak, Desa Donomulyo, Kec. Secang, Kab. Magelang.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu mesin gerinda, bor, las elektroda, tachometer dan pompa air. Untuk bahan yang digunakan dalam proses pembuatan alat uji yaitu pipa, besi siku, besi *hollow* dan pipa besi.

### 2.3 Prosedur Penelitian

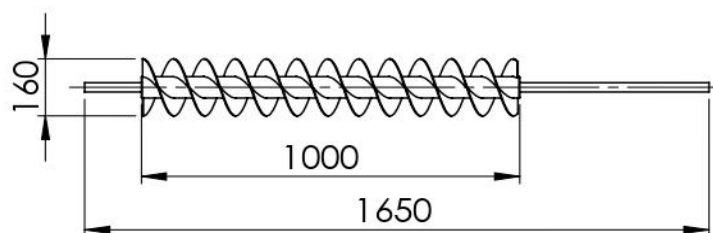
#### a. Studi Literatur

Studi literatur yaitu salah satu cara pengumpulan data yang berguna dalam mengumpulkan beberapa informasi yang relevan mengenai tema penelitian yang diambil. Studi literatur membantu dalam memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang kerangka konseptual, metodologi yang telah digunakan sebelumnya, dan hasil-hasil penelitian yang relevan.

#### b. Pembuatan Alat Uji

Proses pembuatan alat uji terdiri dari 3 tahap yaitu:

1. Membuat desain rancangan dengan menggunakan *software solidworks* sehingga mendapatkan pemodelan rancangan dan ukuran dari alat tersebut.



Gambar 1 Desain Turbin Ulir

2. Tahapan pembuatan turbin ulir dilakukan menggunakan bahan baku pipa *PVC*. Proses yang dilakukan meliputi pemotongan pipa dan pembentukan pipa menjadi lembaran berbentuk lingkaran.

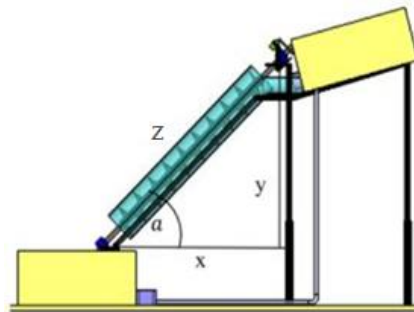


Gambar 2 Pembuatan Turbin Ulir

3. Tahapan pembuatan rangka dilakukan dengan cara pengelasan dikarenakan untuk rangka akan di buat dengan menggunakan besi hollow hitam dan besi siku dengan ukuran 3x3 cm.

#### 2.4 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan menggunakan variasi sudut kemiringan poros turbin  $32^\circ, 36^\circ, 40^\circ$  dan  $44^\circ$ . Untuk menentukan kemiringan turbin dengan menaikkan atau menurunkan rangka sesuai ketinggian yang telah dihitung dengan rumus persamaan berikut [6]:



Gambar 3 Sudut Kemiringan Turbin

$$\sin \alpha = \frac{y}{z} \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian pada tahapan ini dilakukan pengambilan data. Adapun beberapa data yang diambil di antaranya berupa, kecepatan putaran turbin, debit air dan nilai beban tekanan yang mampu diberikan oleh turbin dengan alat *prony brake*. Kemudian dari data tersebut nantinya digunakan untuk perhitungan torsi, daya dan efisiensi turbin.

#### Analisis Data

Tahapan ini berupa pengolahan data dari hasil pengujian. Pengolahan data ini dilakukan dengan menghitung beberapa aspek yaitu:

- a. Menghitung Debit [7]

$$Q = \frac{8}{15} \times c_d \times \sqrt{2 \cdot g} \times t g \frac{\theta}{2} \times H^{5/2} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

Q = debit air (m<sup>3</sup>/s)

H = tinggi muka air (m)

Cd = koefisien debit (0,62)

g = gravitasi (9,806 m/s<sup>2</sup>)

θ = sudut ( $90^\circ$ )

b. Menghitung Daya Hidrolisis [8]

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$P_h$  = daya hidrolisis (Watt)

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$g$  = gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = head (m)

c. Menghitung Torsi [9]

$$T = W \times L \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

$T$  = Torsi (Nm)

$W$  = Beban (N)

$L$  = Panjang Lengan *Prony Brake* (m)

Beban didapatkan dengan rumus persamaan berikut:

$$W = m \times g \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

$W$  = Beban (N)

$m$  = Mampu tekan turbin/ massa (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

d. Menghitung Daya Turbin [10]

$$P_m = T\omega \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

$P_m$  = Daya turbin (Watt)

$T$  = Torsi (Nm)

$\omega$  = Kecepatan sudut ( $\text{rad/s}$ )

Untuk menghitung kecepatan sudut dengan rumus berikut:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

$N$  = Kecepatan putaran turbin (rpm)

e. Menghitung Efisiensi [8]

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_m}{P_h} \cdot 100\% \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

$\eta_{PLTMH}$  = Efisiensi PLTMH

$P_m$  = Daya Turbin

$P_h$  = Daya Hidrolisis

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data pengujian meliputi nilai debit aliran, putaran turbin dan nilai beban tekan yang dihasilkan oleh turbin. Data tersebut yang akan diolah menjadi data pokok untuk menentukan besaran efisiensi dari turbin. Data pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian

Variasi Kemiringan Poros	Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Putaran Turbin (rpm)	Beban Tekan (kg)
32°	0,0036	339,767	0,392
36°	0,0036	363,333	0,350
40°	0,0036	345,100	0,304
44°	0,0036	313,267	0,296

Dari data debit aliran tersebut maka dapat dihitung nilai daya hidrolisis dengan rumus (persamaan 2). Sehingga didapatkan nilai daya hidrolisis yang disajikan pada tabel 2.

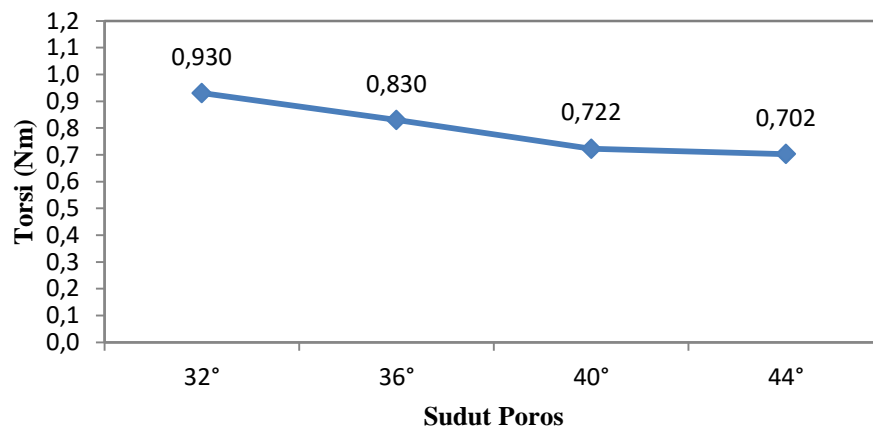
Tabel 2 Hasil Daya Hidrolisis

Variasi Kemiringan Poros	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Head (m)	Daya Hidrolisis (Watt)
32°	0,0036	1,15	40,008
36°	0,0036	1,24	43,139
40°	0,0036	1,33	46,270
44°	0,0036	1,39	48,357

Data hasil perhitungan yang telah didapatkan kemudian di analisa untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan sudut kemiringan poros pada turbin ulir terhadap performa turbin ulir. Untuk mempermudah dalam proses analisa hasil perhitungan yang didapat, maka data hasil tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik.

a. Hubungan variasi sudut kemiringan poros dengan torsi

Hubungan antara sudut kemiringan turbin dengan kecepatan putaran turbin dapat dilihat seperti pada Gambar berikut ini.

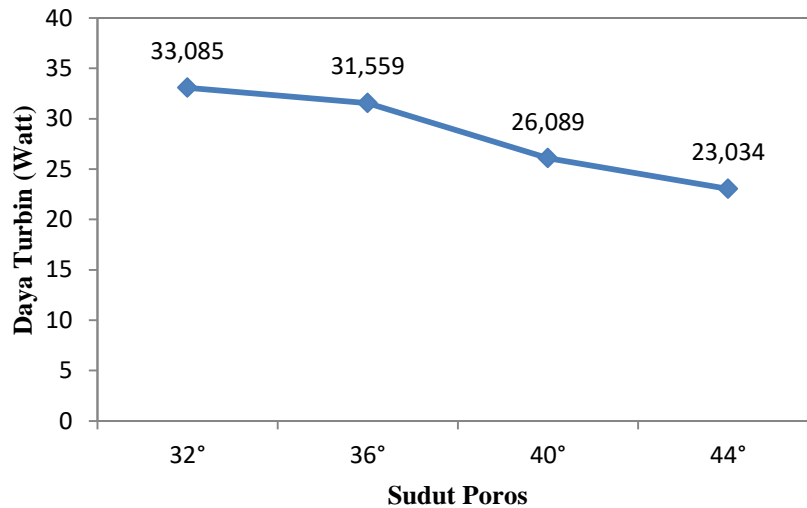


Gambar 4 Grafik hubungan variasi sudut poros dengan torsi

Berdasarkan gambar grafik hubungan sudut kemiringan poros turbin terhadap torsi yang dihasilkan, diketahui bahwa nilai torsi tertinggi yang dihasilkan pada variasi sudut kemiringan 32° yaitu 0,930 Nm, hasil tersebut didapat dengan nilai rata-rata putaran turbin 339,767 rpm, beban tekan rata-rata sebesar 0,392 kg dan dengan debit air sebesar 0,0036 m<sup>3</sup>/s. Perbedaan nilai beban tekanan tersebut yang mempengaruhi nilai torsi yang dihasilkan oleh turbin. Putaran turbin yang semakin tinggi akan menghasilkan beban tekan yang lebih besar sehingga nilai torsi yang dihasilkan juga semakin besar [11].

b. Hubungan variasi sudut kemiringan poros terhadap daya turbin

Hubungan antara sudut kemiringan turbin dengan kecepatan putaran turbin dapat dilihat seperti pada Gambar berikut ini.



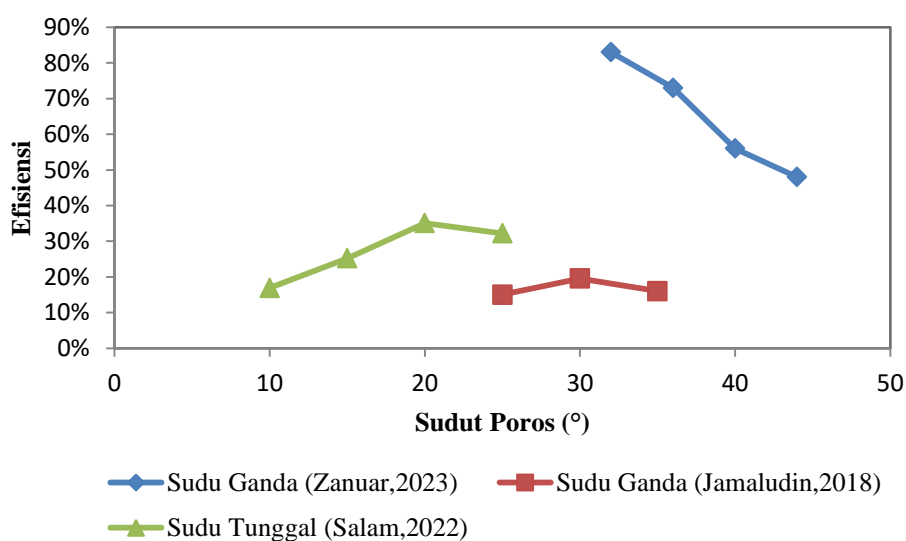
Gambar 5 Grafik hubungan sudut poros dengan daya turbin

Berdasarkan grafik daya turbin di atas dapat diketahui bahwa daya turbin tertinggi didapatkan pada variasi sudut 32° yaitu daya yang dihasilkan sebesar 33,085 Watt. Sedangkan untuk nilai daya turbin terendah yang dihasilkan yaitu 23,034 Watt pada variasi sudut 44°. Daya turbin yang dihasilkan tersebut dipengaruhi dari perbedaan kecepatan turbin pada setiap variasi sudut kemiringan poros. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin besar sudut kemiringan yang digunakan bukan berarti kecepatan putaran turbin akan semakin tinggi [6].

Hal tersebut terjadi karena semakin besar sudut kemiringan poros turbin, *head*-nya juga lebih tinggi sehingga kecepatan aliran yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini membuat aliran air yang masuk ke turbin pecah saat mengenai turbin. Selain itu juga karena posisi turbin yang lebih tegak, membuat aliran air tidak tepat mengenai titik aktif turbin atau pada hal ini bisa dikatakan air yang masuk ke *bucket* turbin tidak maksimal [4].

c. Hubungan variasi sudut kemiringan poros terhadap efisiensi

Hubungan antara sudut kemiringan turbin dengan kecepatan putaran turbin dapat dilihat seperti pada Gambar berikut ini.



Gambar 6 Grafik hubungan sudut poros dengan efisiensi

Grafik tersebut merupakan perbandingan efisiensi yang dihasilkan pada pengujian ini dengan penelitian sebelumnya, dengan variasi sudut kemiringan turbin dan jenis turbin yang berbeda. Pada penelitian ini untuk nilai efisiensi tertinggi dihasilkan pada sudut kemiringan 32° dengan nilai efisiensi 83%. Jika didasarkan pada variasi sudut poros yang digunakan pada penelitian ini yaitu 32°, 36°, 40°, dan 44°, maka hasil dari grafik menunjukkan semakin besar sudut kemiringan poros, efisiensi yang dihasilkan semakin rendah.

Sedangkan dari penelitian sebelumnya dengan jenis turbin yang sama yaitu jenis sudu ganda dengan menggunakan variasi sudut poros sebesar 25°, 30° dan 35° menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan mengalami peningkatan saat sudut 25°-30°, namun pada saat sudut kemiringan 30°-35° efisiensi yang dihasilkan mengalami penurunan. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin kecil atau semakin besar sudut kemiringan poros turbin bukan berarti efisiensi turbin akan semakin tinggi [12].

Dari penelitian sebelumnya yang menggunakan jenis turbin ulir sudu tunggal dengan variasi sudut poros 10°, 15°, 20° dan 25°, menunjukkan hasil bahwa efisiensi tertinggi yang dihasilkan terjadi pada saat pengujian dengan sudut kemiringan poros 20°. Pada saat sudut kemiringan poros 10°-20° mengalami peningkatan, namun pada saat sudut 25° efisiensi yang dihasilkan menurun. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa semakin kecil sudut kemiringan poros bukan berarti efisiensi yang dihasilkan akan semakin tinggi [13].

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan poros turbin ulir terhadap performa yaitu semakin besar sudut kemiringan poros turbin, performa yang dihasilkan semakin menurun. Diketahui bahwa dari variasi sudut kemiringan poros turbin yang digunakan yaitu 32°, 36°, 40° dan 44°, yang menghasilkan performa terbaik adalah pada sudut kemiringan 32° dengan efisiensi sebesar 83%. Sementara untuk kecepatan putar turbin dan torsi yang didapatkan adalah 339,76 rpm dan 0,930 Nm sehingga menghasilkan daya turbin sebesar 33,085 Watt. Semakin besar sudut kemiringan poros turbin maka posisi turbin juga semakin tegak, sehingga posisi jatuhnya air kurang baik. Hal tersebut mengakibatkan putaran yang dihasilkan kurang maksimal sehingga peerforma turbin juga tidak maksimal.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian and ESDM, “Miliki Potensi EBT 3.686 GW, Sekjen Rida: Modal Utama Jalankan Transisi Energi Indonesia,” *esdm.go.id*, 2023. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/miliki-potensi-ebt-3686-gw-sekjen-rida-modal-utama-jalankan-transisi-energi-indonesia> (accessed Jan. 20, 2024).
- [2] I. Nawawi and A. Trihasto, “Pemanfaatan Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Portabel,” *Jurnal.Untidar.Ac.Id*, pp. 1–4, 2019.
- [3] A. Canal, J. Coeck, and A. Tuhtan, “Multi-Species Assessment of Injury , Mortality , and Physical Conditions during Downstream Passage through a Large Archimedes Hydrodynamic Screw,” *Sustainability*, vol. 12, no. 20, pp. 1–25, 2020.
- [4] Y. Setiawan, E. S. Wijianti, Saparin, B. S. Wibowo, and P. Prayitnoadi, “Kinerja Putaran Rotor Turbin Screw Archimedes Dengan Variasi Kemiringan Sudut Turbin,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 42–46, 2021.
- [5] H. F. Abdillah, O. Dinaryanto, and B. Jalaali, “Manufacturing process and experimental study of a small scale archimedes hydro powerplant by varying the number of blade,” *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 9503, pp. 65–74, 2022.
- [6] G. R. Cahyono, A. Amrullah, P. R. Ansyah, and R. Rusdi, “Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Putaran Dan Daya Hidrolisis Pada Turbin Archimedes Screw Portable,” *J. Rekayasa Mesin*,

vol. 13, no. 1, pp. 257–266, 2022.

[7] A. A. Salam, “Karakteristik Daya Dan Efisiensi Turbin Archimedes Screw Terhadap Head Konstan Yang Diuji Pada Saluran Tertutup,” *J. Tek. Mesin FT-UMI*, vol. 3, no. 2, pp. 31–37, 2021.

[8] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 641–657, 2018.

[9] R. Nofian, B. Harjanto, and Y. Estriyanto, “Kaji Eksperimental Performansi Pengereman Kampas Rem Komposit Serat Bonggol Jagung Dalam Keadaan Basah Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Motor,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, pp. 14–21, 2022.

[10] Rendi and F. Herlina, “Penambahan Lingkaran Pelindung Pada Turbin Air Rotor Savonius,” *Info Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 237–254, 2019.

[11] M. A. T. 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,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 83–90, 2019.

[12] Jamaludin, “Analisa Daya Listrik Optimum Model Screw Turbine 2 Blade Sebagai Penggerak Generator Listrik,” *J. Tek. Univ. Muhammdiyah Tangerang*, vol. 7, no. 2, pp. 73–80, 2018.

[13] A. A. Salam, “KARAKTERISTIK DAYA OUTPUT TURBIN ARCHIMEDES SCREW TERHADAP KEMIRINGAN POROS YANG DIUJI,” vol. 4, no. 3, pp. 1–4, 2022.