



P-ISSN : 2622-1276  
E-ISSN: 2622-1284

## The 7<sup>th</sup> Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2024 : <https://ciastech.net>  
Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>  
Proceeding homepage : <https://ciastech.net>

# ANALISIS PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT POROS ULIR DAN RASIO DIAMETER TERHADAP KINERJA TURBIN ARCHIMEDES PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO

Krisna Bayu Eko Prasajo<sup>1)</sup>, Mustafa<sup>2)</sup>, Wahidin Nuriana<sup>3)</sup>, Sutrisno<sup>4\*)</sup>

<sup>1, 2, 3, 4)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka  
Madiun, Jalan Serayu 79, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Data Artikel :

Naskah masuk, 15 Oktober 2024  
Direvisi, 6 Desember 2024  
Diterima, 20 Desember 2024

### Email Korespondensi :

sutrisno@unmer-madiun.ac.id

## ABSTRAK

Energi terbarukan ketersediannya melimpah di Indonesia diantaranya energi air yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro, namun pada umumnya aliran sungai yang ada memiliki head dan kecepatan aliran yang rendah, hal ini menjadi tantangan dalam hal pemanfaatan energi potensial yang ada. Turbin yang cocok diaplikasikan adalah turbin ulir Archimedes (AST). Untuk memperoleh kinerja turbin yang optimal, maka perlu dilakukan perubahan parameter operasi turbin Archimedes, meliputi sudut kemiringan poros ulir dan rasio diameter. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen untuk mengidentifikasi kinerja daya mekanik turbin, daya output generator dan efektifitas turbin Archimedes yang dihasilkan oleh sistem turbin dengan memvariasikan kemiringan sudut poros ulir dan rasio diameter. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh kemiringan poros ulir dan rasio diameter terhadap daya turbin, daya generator dan efisiensi turbin Archimedes. Pada penelitian ini digunakan 3 variasi kemiringan poros ulir yaitu 25°, 35° dan 45° dengan rasio diameter sebesar 0,25 Do, 0,37 Do dan 0,50 Do. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kemiringan poros ulir maka efektifitas baik, dengan rata-rata efisiensi terbesar sebesar 38,36% dan terkecil sebesar 23,83%, dan semakin besar rasio diameter maka efisiensi semakin meningkat.

**Kata Kunci :** turbin archimedes; kemiringan poros ulir; rasio diameter; efisiensi turbin

## 1. PENDAHULUAN

Penerapan energi berkelanjutan dan terbarukan merupakan salah satu tantangan utama di seluruh dunia, terutama dalam mengatasi ketergantungan pada energi fosil. Energi terbarukan merupakan energi yang bisa diperbaiki dan diperoleh dari proses alam yang berkelanjutan. Energi

terbarukan dapat dijadikan energi alternatif di masa depan, disebabkan penggunaan energi fosil terus merangkak terus secara signifikan tetapi sumbernya sangat terbatas.

Berbagai sumber energi terbarukan seperti energi matahari, energi angin, energi panas bumi dan energi tenaga air telah dikembangkan di dunia dan telah dikembangkan ke tingkat nano teknologi dan bahan nano serta panel fotovoltaik. Ketersediaan energi terbarukan banyak terdapat di Indonesia adalah energi air yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Tetapi pada umumnya aliran sungai yang ada memiliki head dan kecepatan aliran yang rendah. Aliran dengan head rendah dan debit aliran yang rendah menjadi hambatan dalam hal penggunaan energi potensial yang ada.

Pembangkit listrik mikrohidro dengan daya maksimum 5 kW dapat menjadi salah satu solusi untuk krisis listrik di daerah terpencil dengan memanfaatkan potensi air yang tersedia. Pembangkit listrik dengan skala mikrohidro biasanya beroperasi pada aliran sungai yang berhulu rendah atau air terjun, baik dengan menggunakan irigasi saluran, sungai maupun air terjun. Sementara, beberapa peneliti lain meneliti potensi berbagai jenis pembangkit listrik picohidro terutama dengan memanfaatkan saluran di dalam pipa, tetapi belum ada kemungkinan hasil untuk diterapkan karena daya yang dihasilkan sangat kecil [1,2].

Wilayah Karangrejo, Kecamatan Wungu, Kabupaten Madiun memiliki banyak sumber energi air baik berupa aliran sungai maupun irigasi dengan rata-rata air terjun 1 – 2 meter dengan debit air sekitar 0,05 m<sup>3</sup>/s. Tipe dari turbin yang cocok untuk diterapkan pada daerah yang memiliki potensi air dengan head dan discharge adalah jenis turbin Archimedes Screw. Turbin tersebut biasanya diterapkan pada instalasi pembangkit listrik sistem mikrohidro di sungai dengan ketinggian rendah

Berdasarkan [3,4] telah dilakukan penelitian dengan uji eksperimental utama, yang membandingkan tujuh desain turbin yang berbeda, menggunakan diameter ulir 806 mm dan panjang 3 meter. Pengukuran dilakukan pada tujuh alternatif ulir dalam satu bak. Pitch ulir, rasio diameter, dan jumlah sudu yang bervariasi. Ketinggian air tailwater harus diperbaiki dengan optimal secara keseluruhan posisi, sedangkan sudut ulir, laju aliran, dan kecepatan rotasi adalah variabel. Untuk sudut ulir, selisih dua derajat antara 18 dan 32° (8 posisi). Laju aliran bervariasi dari 20 hingga 220 l/dtk (11 debit), dan kecepatan rotasi dari 20 hingga 80 REV (13 kecepatan).

Pada laju aliran di bawah aliran desain, sistem kecepatan rotasi variabel menunjukkan keuntungan efisiensi. Pada aliran desain ( $\pm 15\%$ ), sistem kecepatan tetap lebih efisien, karena tidak menimbulkan kerugian yang terkait dengan konverter frekuensi. Efisiensi tanaman rata-rata berada di 69%, sedangkan enam lainnya memiliki kinerja terbaik hingga mencapai efisiensi puncak di atas 75%. Efisiensi untuk setiap instalasi individu menunjukkan pola yang konsisten. Dalam pengujian skala kecil, ditemukan bahwa konsep ulir putar berkinerja lebih buruk dibanding desain ulir umum. Tujuh alternatif ulir yang diuji menunjukkan perbedaan dalam bidang optimalnya aplikasi. Mereka semua memiliki kinerja terbaik dalam operasi sebagian beban dengan efisiensi puncak 94%. Perbedaan utama dalam hal efisiensi adalah ketahanan individu mereka terhadap kecepatan rotasi yang tidak menguntungkan dan kemampuan mereka yang beragam untuk memproses debit tinggi. Dengan pengetahuan yang diperoleh, ulir dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan individu. Hasil yang disajikan akan membantu meningkatkan pengambilan keputusan untuk pemilihan turbin sebagai low-head teknologi yang inovatif.

Berdasarkan [5,6,7] telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh tentang sudut poros dan debit terhadap luaran hasil kerja mekanik turbin ulir dua sudu dalam skala. Sebuah prototipe yang digunakan dalam penelitian yaitu sebuah turbin ulir dua sudu, dimana ukuran pitch adalah 1,6 Ro, jari-jari luar yaitu 0,1419 m, dan jari-jari dalam yaitu 0,0762 m. Daya dan

efektifitas turbin yang dihasilkan pada debit adalah 0,00684 m<sup>3</sup>/s. Kemiringan optimum turbin ulir adalah 35°, ditunjukkan oleh daya output seharga 16,231 watt dan efisiensi sebesar 61,61%.

Menurut [8,9,10] dilakukan analisis eksperimental untuk mengidentifikasi efisiensi turbin ulir Archimedes dari watermill tradisional menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Eksperimental yang dilakukan ini mengungkapkan bahwa sudut ulir berkisar antara 200 hingga 250 dengan laju aliran di bawah 1,5 L/s dapat meningkatkan efisiensi Turbin Sekrup Archimedes menjadi sekitar 90%. Untuk kinerja yang lebih baik dan untuk mengurangi kerugian luapan RPM turbin dijaga konstan. Analisis eksperimental menunjukkan bahwa Archimedes Screw Turbin dapat menghasilkan daya yang sangat besar jika diterapkan pada 500.000 kincir air tradisional dan dapat dengan mudah mendukung kebutuhan daya negara dengan cara yang hemat biaya.

Menurut [11,12] telah dilakukan penelitian tentang pengaruh sudut terhadap kinerja turbin Archimedes. Turbin Archimedes cocok untuk beroperasi di bawah head rendah (<5 m) dan dalam berbagai kondisi debit. Namun, salah satu kendala dalam implementasi turbin Archimedes adalah nilai sudut yang optimal karena beberapa penelitian memberikan hasil yang berbeda. Penelitian ini menyelidiki efek sudut pada kinerja turbin Archimedes dengan metode eksperimental. Metode eksperimen dipilih untuk menentukan daya keluaran yang dibangkitkan dan untuk mempelajari fenomena rugi-rugi kebocoran luapan pada proses konversi energi. Percobaan dilakukan dengan debit 0,00106 m<sup>3</sup>/s, sudut antara 360 sampai 440, dan tiga beban yang berbeda. Berdasarkan hasil percobaan, semakin tinggi sudut menghasilkan daya yang lebih besar tetapi efisiensi turbin lebih kecil. Hal ini dikarenakan nilai kepala efektif meningkat, yang juga meningkatkan daya yang tersedia. Hal ini membuktikan bahwa sudut tidak terlalu berpengaruh terhadap besarnya daya yang dihasilkan. Selain itu, prediksi bahwa luapan menyebabkan kerugian ketika sudut meningkat ternyata tidak akurat karena lebih dipengaruhi oleh nilai beban daripada nilai sudut. Dengan demikian, sudut tidak terlalu mempengaruhi kinerja turbin.

Berdasarkan [13,14,15] telah dilakukan penelitian tentang pengaruh perbedaan ukuran diameter dalam terhadap efektifitas pada turbin Archimedes. Eksperimental yang dilakukan ini dengan merancang model turbin ulir dengan variasi diameter 0,1 Do dan 0,5 Do untuk meningkatkan efisiensi Turbin Sekrup Archimedes. Berdasarkan hasil penelitiannya yang telah dilaksanakan bahwa rasio pitch 0,5 Do lebih baik dibandingkan dengan rasio pitch 0,1 Do.

## 2. METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat penelitian : penelitian dilakukan mulai bulan Agustus 2022 sampai selesai, proses pembuatan dan pengujian turbin Archimedes dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun.

Alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian.

1. Pompa

Berfungsi untuk memindahkan air dari penampung bawah di pindah tangki atas.

Spesifikasi:

Merk : INOTO, Kapasitas : 40 Liter/menit

Type : HF/5B, Input : 2 inchi

Tegangan : 220 V/ 50 Hz Output : 2 inchi

2. Turbin

Berfungsi untuk meningkatkan daya penggerak yang berasal dari aliran air, yang selanjutnya menggerakkan generator.

3. Generator

Berfungsi untuk mengendalikan energi listrik baik berupa arus listrik dan tegangan.

Spesifikasi Generator:

Output : 300 – 400 Watt

DC Output : 12 Volt

Putaran : 500 – 2000 rpm Elemen Penghubung : pulley

4. Tachometer

Berfungsi untuk mengukur putaran turbin.

Spesifikasi Tachometer:

Model : Digital

Type : DT-2234C

Display : 5 digit, 18 mm LCD

Putaran : 2,5 – 99999 rpm

Resolusi : 0,1 rpm

5. Timbangan digital

Alat ini digunakan untuk mengukur torsi turbin

Spesifikasi Timbangan Digital: Ukuran : 18,2 cm x 7,3cm x 2,2 cm Display : LCD

Kapasitas : 50 kg

Daya : Baterai kering AAA 2 x 1,5 V

6. Multitester

Alat ini diperuntukkan mengetahui tegangan listrik dan kuat arus listrik

7. Stopwatch

Alat ini diperuntukkan mengetahui lamanya waktu kerja.

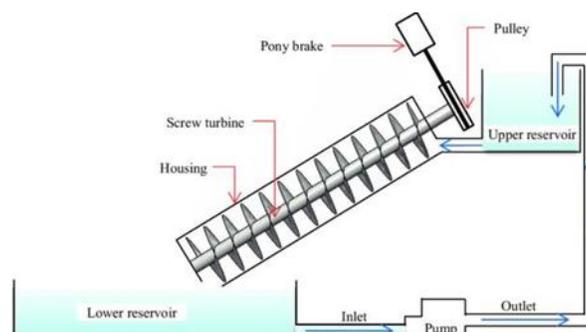
8. Alat bantu lain seperti : las listrik, las karbit, meteran, gergaji besi, gerinda, palu, kunci momen, obeng dan lain-lain.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut : plat besi dengan tebal 0,5 mm sebagai bahan untuk membuat sudu, plat besi dengan tebal 0,5 mm sebagai untuk rumah ulir, tangki reservoir, serta bahan-bahan pendukung lainnya yaitu : kerangka baja, menara atau tower, pipa pvc dan kerangka dudukan rumah turbin ulir, tangki penampung, berfungsi sebagai penampung air.

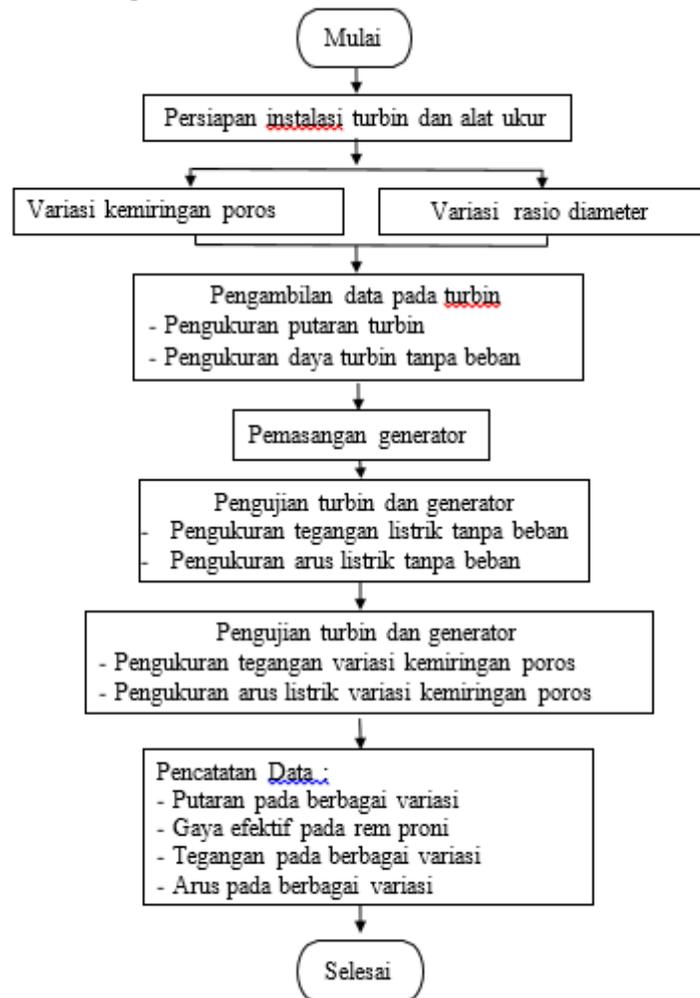
Skema Penelitian

Skema penelitian yang direncanakan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Instalasi Sistem Turbin dan Generator (Sumber: Habibi, dkk, 2020)

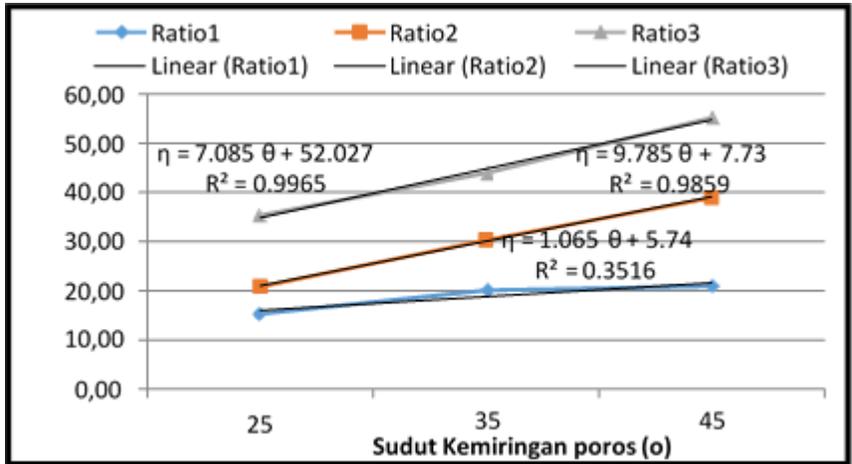
Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

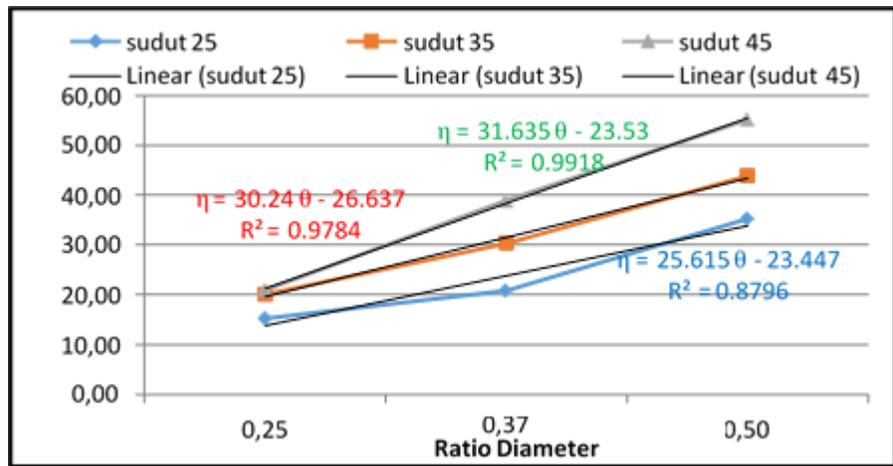
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi rata-rata untuk masing-masing kemiringan poros turbin yang mengakibatkan variasi putaran akibat variasi ratio diameter.



Gambar 3. Hubungan kemiringan poros turbin dan efisiensi

Grafik hubungan antara kemiringan poros turbin dan efisiensi gambar 3. dapat dilihat bahwa: Pada variasi kemiringan poros turbin 25° rata-rata efisiensi meningkat seiring meningkatnya ratio diameter mulai dari nilai terendah pada ratio diameter 0,25 dengan efisiensi rata-rata 15,30% sampai dengan nilai tertinggi pada ratio diameter 0,5 dengan efisiensi rata-rata 35,33%. Pada variasi kemiringan poros turbin 35° rata-rata efisiensi meningkat seiring meningkatnya ratio diameter mulai dari nilai terendah pada ratio diameter 0,25 dengan efisiensi rata-rata 20,09% sampai dengan nilai tertinggi pada ratio diameter 0,5 dengan efisiensi rata-rata 43,92%. Pada variasi kemiringan poros turbin 45° rata-rata efisiensi meningkat seiring meningkatnya ratio diameter mulai dari nilai terendah pada ratio diameter 0,25 dengan efisiensi rata-rata 20,95% sampai dengan nilai tertinggi pada ratio diameter 0,5 dengan efisiensi rata-rata 55,19%. Secara umum nilai efisiensi terbesar pada sudut kemiringan poros tinggi dengan efisiensi rata-rata 38,36% dan nilai terkecil pada sudut kemiringan poros rendah dengan efisiensi rata-rata 23,83%.



Gambar 4. Hubungan antara ratio diameter dan efisiensi

Pada variasi ratio diameter 0,25 efisiensi meningkat mulai dari nilai terendah pada sudut kemiringan poros turbin 25° dengan efisiensi 15,30%, , kemudian meningkat pada sudut kemiringan poros turbin 35° dengan efisiensi 20,09% kemudian meningkat sampai mencapai nilai tertinggi pada

pada sudut kemiringan poros turbin 45o dengan efisiensi rata- rata 20,95%. Pada variasi ratio diameter 0,37 efisiensi meningkat mulai dari nilai terendah pada sudut kemiringan poros turbin 25o dengan efisiensi 20,88%, kemudian naik pada sudut kemiringan poros turbin 35o dengan efisiensi 30,38% kemudian meningkat sampai mencapai nilai tertinggi pada pada kemiringan poros turbin 45o dengan efisiensi rata-rata 38,94%. Pada variasi ratio diameter 0,5 efisiensi meningkat mulai dari nilai terendah pada sudut kemiringan poros turbin 25° dengan efisiensi 35,33%, kemudian naik pada sudut kemiringan poros turbin 35o dengan efisiensi 43,92% kemudian meningkat sampai mencapai nilai tertinggi pada pada sudut kemiringan poros turbin 45o dengan efisiensi rata- rata 55,19%. Secara umum nilai efisiensi berkisar antara 15,30% sampai 55,19% dengan nilai rata-rata terbesar pada ratio diameter 0,5 dengan efisiensi rata-rata 44,81% dan nilai terkecil pada ratio diameter 0,25 dengan efisiensi rata-rata 18,78%.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, Pada posisi turbin dengan sudut kemiringan poros ulir 45° yaitu 38,36% diikuti sudut kemiringan ulir 35° dengan efisiensi 31,47% dan terkecil sudut kemiringan ulir 25° dengan efisiensi 23,83%, Ratio diameter berpengaruh terhadap efisiensi sistem dimana dengan semakin meningkatnya ratio diameter maka efisiensi semakin meningkat.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada kepala laboratorium Program Studi Teknik mesin, Universitas Merdeka yang telah banyak membantu dan mendukung program penelitian yang telah dilaksanakan serta tempat penelitian dan semua pihak responden yang membantu dalam penelitian.

#### 6. REFERENSI

- [1] A. Abadi, "Kincir Air Poros Vertikal Tipe Savonius Dua Sudu Terbuka Dengan menggunakan Deflektor," Teknik Mesin, Universitas Sananta Dharma, 2018.
- [2] I. Ardika, "Analisa Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Putaran Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," \*Maj. Ilm. Teknol. Elektro\*, vol. 18, no. 2, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.vl8i02.p10.
- [3] M. Abdulkadir, "Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Ulir," vol. 2, no. 1, pp. 65–72, 2017.
- [4] H. Adly and A. Irfan, "Kaji Eksperimental Penentuan Sudut Ulir Optimum Pada Turbin Ulir Untuk Data Perancangan Turbin Ulir Pada Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dengan Head Rendah," pp. 13–15, 2010.
- [5] N. Akhmad and H. Dwi, "Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah," \*Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer\*, vol. 9, no. 2, pp. 783–796, 2018.
- [6] A. Lashofer, W. Hawle, I. Kampel, F. Kaltenberger, and B. Pelikan, "State of Technology and Design Guidelines for the Archimedes Screw Turbine," \*Conference Paper\*, Oct. 2012.
- [7] W. Arismunandar, \*Penggerak Mula Turbin\*, Bandung: ITB, 2004.
- [8] G. S. Dellinger, W. D. Simmons, P. A. Lubitz, N. Garambois, and N. Dellinger, "Effect of Slope and Number of Blade on Archimedes Screw Generator Power Output," \*Renewable Energy\*, vol. 136, pp. 896–908, 2019.
- [9] H. B. Harja, H. Abdurrachim, and S. Yoewono, "Studi Eksperimental Kinerja Turbin Ulir Archimedes," \*Snttm XI\*, pp. 16–17, 2012.
- [10] B. H. Harja, H. Abdurrahman, S. Yoewono, and H. Riyanto, "Penentuan Dimensi Turbin dan Sudut

- Kemiringan Poros Turbin Ulir Archimedes," *\*Metal Indonesia\**, vol. 36, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [11] Y. Hizhar, B. Yulistianto, and S. Darmo, "Rancang Bangun dan Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Jarak Pitch dan Kemiringan Poros Terhadap Kinerja Mekanik Model Turbin Ulir 2 Blade Aliran Head Rendah," *\*Metal: Jurnal Sistem Mekanik dan Thermal\**, vol. 1, no. 1, pp. 27–34, 2017.
- [12] Jamaludin, "Debit Air Optimum Model Screw Turbine Pada Pitch  $A=1,2 R_o$  dan  $A=2 R_o$  Sebagai Penggerak Generator Listrik," vol. 3, no. 1, 2018.
- [13] K. Kashyap, R. Thakur, S. Kumar, and Rajkumar, "Identification of Archimedes Screw Turbine for Efficient Conversion of Traditional Water Mills (Gharats) Into Micro Hydro-Power Stations in Western Himalayan Regions of India: An Experimental Analysis," *\*International Journal of Renewable Energy Research\**, vol. 10, no. 3, Sep. 2020.
- [14] M. W. N. Karim, M. Widyanrtono, A. C. Hermawan, and S. I. Haryudo, "Kajian Kemiringan Blade dan Head Turbin Archimedes Screw Terhadap Daya Keluaran Generator AC 1 Phase 3 kW," *\*Teknik Elektro\**, vol. 10, pp. 219–228, 2021.
- [15] M. A. T. Saputra, I. W. Antonius, and I. W. Artawijaya, "Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah," vol. 18, no. 1, pp. 83–90, 2019.