

Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Terapung Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Heri Irawan *¹
Mujiburrahman ²
Muhammad Suprpto ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,
Banjarmasin, Indonesia

*e-mail: Heri.irawan.up@gmail.com¹, mujiburrahman4646@gmail.com²,
muhammadsuprpto13@gmail.com³

Abstrak

Turbin ulir Archimedes merupakan alat inovatif yang dirancang untuk mengkonversi energi dari aliran air menjadi energi mekanik. Prinsip kerja turbin ini berlandaskan hukum kekekalan massa dan gerak, memanfaatkan energi potensial dan kinetik dari air yang mengalir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin. Percobaan dilakukan dengan tiga variasi jumlah sudu: 5, 6, dan 7. Parameter yang dianalisis mencakup kecepatan putaran, daya output, dan efisiensi turbin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu berpengaruh signifikan terhadap kinerja turbin. Turbin dengan 5 sudu mencapai putaran maksimal 209,7 RPM, menghasilkan daya 6,89 Watt dengan efisiensi 47,79%. Dengan 6 sudu, putaran maksimal meningkat menjadi 212,3 RPM, daya menjadi 7,56 Watt, dan efisiensi mencapai 52,39%. Jumlah sudu 7 menunjukkan peningkatan lebih lanjut, dengan putaran maksimal 236,1 RPM, daya 7,76 Watt, dan efisiensi 53,80%. Temuan ini menunjukkan bahwa desain turbin ulir Archimedes terapung dapat dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi dan daya output, menjadikannya solusi yang efektif untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di daerah terpencil.

Kata kunci: Turbin Archimedes Terapung, Jumlah Sudu, Kinerja Turbin

Abstract

The Archimedes screw turbine is an innovative device designed to convert energy from flowing water into mechanical energy. Its operational principle is based on the laws of mass conservation and motion, utilizing the potential and kinetic energy of the flowing water. This study aims to analyze the impact of varying the number of blades on the turbine's performance. Experiments were conducted with three different configurations of blades: 5, 6, and 7. The parameters analyzed include rotational speed, output power, and turbine efficiency. The test results indicate that an increase in the number of blades significantly affects the turbine's performance. The turbine with 5 blades achieved a maximum rotational speed of 209.7 RPM, generating an output power of 6.89 Watts and an efficiency of 47.79%. With 6 blades, the maximum rotational speed increased to 212.3 RPM, the output power rose to 7.56 Watts, and the efficiency reached 52.39%. The configuration with 7 blades demonstrated further improvements, achieving a maximum rotational speed of 236.1 RPM, an output power of 7.76 Watts, and an efficiency of 53.80%. These findings indicate that the design of the floating Archimedes screw turbine can be optimized to enhance efficiency and output power, making it an effective solution for micro-hydro power generation in remote areas.

Keywords: Floating Archimedes Turbine, Number of Blade, Turbine Performance

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, ekspansi sektor industri, dan kemajuan teknologi. Di sisi lain, distribusi energi yang merata di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama di daerah terpencil dan pedesaan yang terjangkau oleh jaringan listrik nasional. Hal ini menuntut pengembangan teknologi pembangkit listrik alternatif yang bersifat desentralisasi, ramah lingkungan, dan mudah diterapkan pada skala lokal.

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi air. Negara ini memiliki ribuan sungai dengan variasi debit dan elevasi yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Heri &

Mujiburrahman, 2019). Teknologi ini memanfaatkan aliran air dengan kapasitas kecil dan beroperasi pada kondisi head rendah dan kecepatan aliran rendah. Salah satu jenis turbin yang sesuai untuk kondisi tersebut adalah turbin ulir Archimedes. Turbin ini beroperasi berdasarkan prinsip spiral ulir yang menangkap energi potensial dan kinetik dari aliran air untuk memutar poros yang kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator. Dibandingkan dengan turbin lain seperti pelton atau Francis, turbin Archimedes memiliki keunggulan dalam hal konstruksi yang sederhana, kemampuan beroperasi pada aliran lambat, serta tidak memerlukan bendungan besar, sehingga lebih ramah lingkungan (Gunawan et al., 2024; Pangkung et al., 2024). Namun, sebagian besar penerapan turbin ulir Archimedes saat ini masih berbasis instalasi permanen yang memerlukan fondasi beton atau konstruksi kanal. Keterbatasan ini menyebabkan biaya awal yang tinggi dan kurang fleksibel untuk lokasi dengan kondisi tanah yang tidak stabil atau daerah yang rawan banjir. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkanlah konsel turbin ulir Archimedes tipe terapung, yaitu sistem turbin yang mengapung di atas permukaan air menggunakan pelampung, sehingga dapat dipasang tanpa infrastruktur permanen dan mudah dipindahkan sesuai dengan kebutuhan.

Dalam pengembangan turbin ulir terapung, salah satu aspek penting yang mempengaruhi efisiensi dan kinerja turbin adalah jumlah sudu atau ulir (Razvy, 2024). Jumlah sudu berpengaruh pada seberapa banyak volume air yang dapat ditangkap serta seberapa besar torsi yang dapat dihasilkan. Terlalu sedikit sudu dapat menyebabkan kehilangan energi potensial dan sementara terlalu banyak sudu dapat meningkatkan hambatan aliran dan menurunkan kecepatan putaran turbin. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menguji kinerja turbin ulir Archimedes terapung dengan variasi jumlah sudu. Fokus utama diarahkan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap kecepatan putaran turbin, daya turbin dan efisiensi turbin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pembangkit listrik mikrohidro yang efisien dan fleksibel, dan layak diterapkan untuk daerah terpencil.

METODE

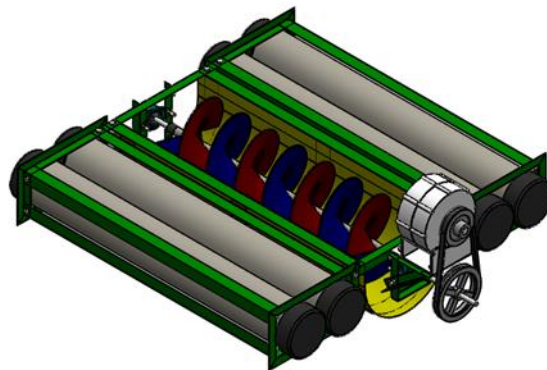
Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan pendekatan kuantitatif, bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin ulir Archimedes terapung, adapun parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi kecepatan putaran turbin (RPM) daya turbin (Watt) dan efisiensi turbin (%).

1. Desain Penelitian

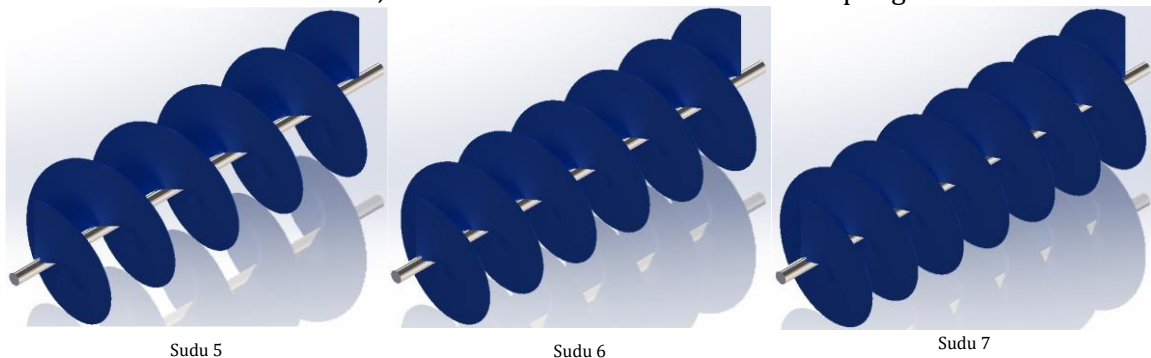
Desain penelitian menggunakan metode eksperimental dengan pengujian langsung terhadap turbin ulir Archimedes yang dirancang mengapung di atas aliran air. Penelitian ini dilakukan terhadap tiga variasi jumlah sudu, yaitu 5, 6 dan 7 buah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja turbin.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Ulir Archimedes Terapung

Komponen	Spesifikasi
Rangka Turbin	Besi L 2,5 x 2,5 x 1 dan 3,5 x 3,5 x 1 cm
Sudu (Ulir)	Diameter 250 mm, Jumlah : 5, 6 dan 7
Poros Turbin	Diameter 12 mm, Panjang 1200 mm
Bearing	UCFL 201
Pengarah Aliran	Plat 895 x 617 mm
Mur Baur M8	20 mm
Mur Baut M8	35 mm
Pelampung	Pipa 5 Inch, Panjang 1000 , 4 Buah
Sistem Transmisi	Pulley 2" dan 6", V belt 775 mm
Generator	Generator DC (400 Watt)



Gambar 1, Desain Turbin Ulir Archimedes Terapung



Gambar 2. Variasi Jumlah Sudu Turbin Ulir Archimedes Terapung

2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin Ulir Archimedes adalah sebagai berikut :

- 1) Pipa PVC
- 2) Besi poros
- 3) Besi L
- 4) Tachometer
- 5) Multimeter
- 6) Stopwatch
- 7) Pelampung
- 8) Generator DC

3. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Merancang dan merakit turbin ulir Archimedes terapung dengan variasi jumlah sudu 5, 6 dan 7 buah.
- 2) Mengatur posisi turbin di aliran air yang telah ditentukan.
- 3) Mengukur kecepatan aliran dan debit air
- 4) Mencatat hasil putaran turbin menggunakan tachometer
- 5) Mengukur tegangan dan arus dari generator untuk menghitung daya listrik
- 6) Menghitung efisiensi turbin berdasarkan perbandingan daya keluaran terhadap daya potensial air.

7) Mencatat semua hasil untuk tiap variasi jumlah sudu

4. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung terhadap parameter kinerja turbin, yaitu kecepatan putaran turbin, daya turbin dan efisiensi turbin. Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap variasi jumlah sudu, guna memperoleh nilai rata-rata dan menghindari bias data.

5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin ulir Archimedes terapung. Data yang diperoleh dari pengujian meliputi kecepatan putaran turbin (Rpm), tegangan (Volt), arus listrik (Ampere), serta parameter debit air dan ketinggian jatuh air (head). Hasil analisis data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan kinerja tiap variasi jumlah sudu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data pada turbin ulir Archimedes terapung dimulai dengan menyiapkan peralatan yang dibutuhkan, yaitu turbin Archimedes, meteran, penggaris busur, penggaris sudut, tachometer, multimeter, stopwatch dan pelampung. Langkah pertama dalam pengujian adalah menghitung debit air. Hal ini dilakukan dengan mengukur luas penampang saluran menggunakan meteran, kemudian mengukur kecepatan aliran air menggunakan pelampung dan stopwatch untuk mendapatkan waktu tempuh. Adapun hasil pengujian debit air dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

1. Hasil Pengujian Debit Air (m^3/s)

Pengukuran debit air dilakukan dengan menggunakan metode pelampung yang melibatkan pengukuran panjang lintasan dan waktu tempuh pelampung di atas permukaan aliran air. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali. Dan hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 2. Data Pengukuran Debit Air

Pengujian	Diameter (d)	Lebar Persegi (l)	Phi	Panjang Lintasan (L)	Waktu (t)	Debit Air (m^3/s)
1	0.19	0.015	3,14	0,3	0,32	0,00594
2	0.19	0.015	3,14	0,3	0,32	0,00594
3	0.19	0.015	3,14	0,3	0,32	0,00594

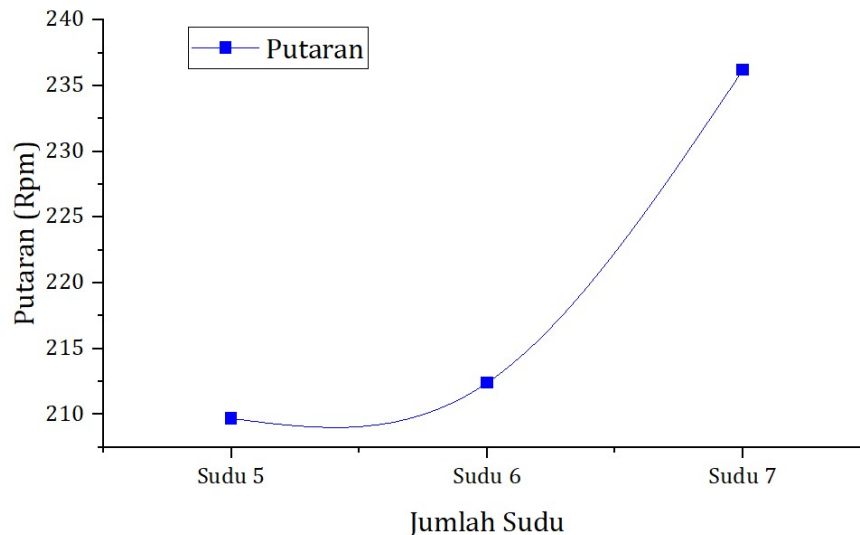
Hasil pengukuran debit air dengan menggunakan metode pelampung untuk menentukan kecepatan aliran. Berdasarkan tiga kali pengukuran, diperoleh nilai debit rata-rata sebesar $0,00594 \text{ m}^3/\text{s}$.

2. Hasil Kinerja Turbin Ulir Archimedes Terapung Berdasarkan Variasi Jumlah Sudu

Tabel 3. Data Hasil Kinerja Turbin Ulir Archimedes Terapung

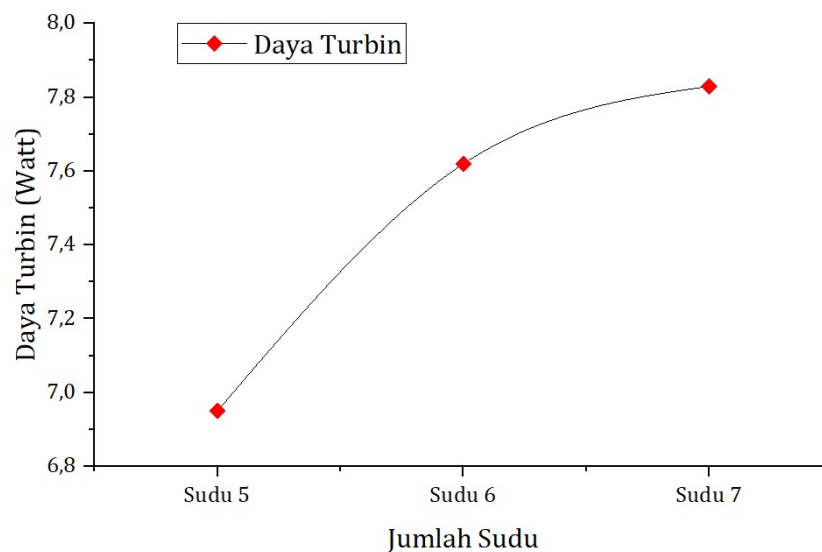
No	Variabel	Debit Air (m^3/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya Hidrolis (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
1	Sudu 5	0,00594	201,0	9,81	0,68	14,55	6,67	45,85
2		0,00594	219,4	10,2	0,69	14,55	7,04	48,37
3		0,00594	208,7	9,93	0,72	14,55	7,15	49,14
		Rata-Rata	209,7	9,98	0,70	14,55	6,95	47,79
1	Sudu 6	0,00594	204,4	9,26	0,86	14,55	7,96	54,73
2		0,00594	214,9	9,21	0,77	14,55	7,09	48,74

3		0,00594	217,9	9,53	0,82	14,55	7,81	53,71
Rata-Rata		0,00594	212,4	9,33	0,82	14,55	7,62	52,39
1	Sudu 7	0,00594	224,4	9,86	0,79	14,55	7,79	53,54
2		0,00594	259,6	8,89	0,78	14,55	7,71	53,02
3		0,00594	224,5	10,1	0,79	14,55	7,98	54,84
Rata-Rata		0,00594	236,2	9,62	0,79	14,55	7,83	53,80



Gambar 3. Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Putaran Turbin

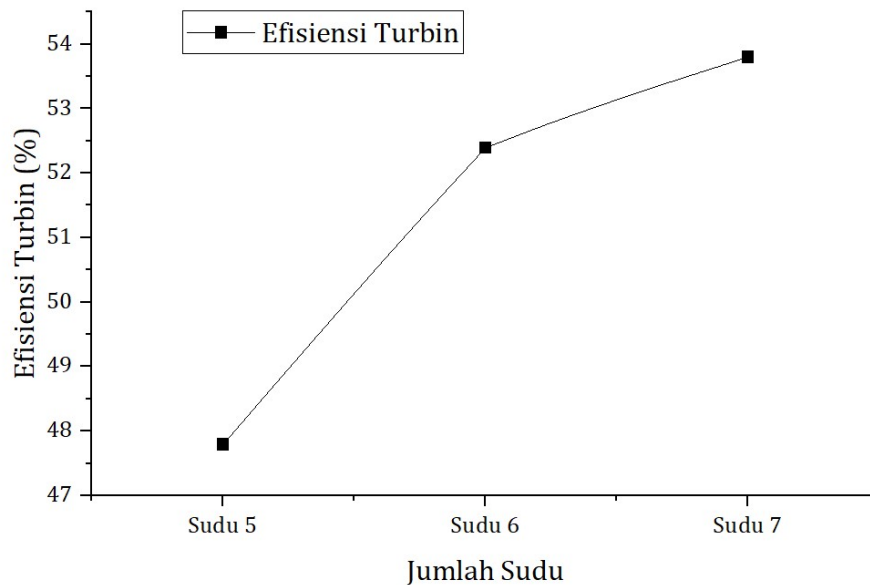
Berdasarkan gambar 3 hasil pengujian turbin ulir Archimedes pada variasi jumlah sudu terhadap putaran turbin. Turbin pada jumlah sudu 5 diperoleh kecepatan putaran rata-rata sebesar 209,7 Rpm. Ketika jumlah sudu ditambahkan menjadi 6 kecepatan putaran turbin mengalami peningkatan menjadi 212,3 Rpm. Peningkatan yang lebih signifikan terlihat pada jumlah sudu 7, dimana rata-rata kecepatan mencapai 236,2 Rpm. Hasil ini jelas menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu mampu meningkatkan kinerja turbin.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Turbin

Berdasarkan gambar 4 hasil pengujian daya turbin menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan jumlah sudu yang digunakan. Pada turbin dengan jumlah

sudu 5 daya rata-rata dihasilkan sebesar 6,89 Watt. Pada jumlah sudu 6 daya turbin rata-rata diperoleh mencapai 7,65 Watt. Peningkatan ini menunjukkan semakin banyak jumlah sudu maka daya turbin semakin besar. Sedangkan turbin dengan jumlah sudu 7 menghasilkan daya rata-rata sebesar 7,76 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa turbin dengan jumlah sudu 7 tidak hanya lebih efisien, tetapi juga mampu menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan turbin dengan jumlah sudu 5 dan 6, hasil ini mengindikasikan bahwa semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, maka semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh turbin.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin

Berdasarkan gambar 5 hasil perhitungan turbin menunjukkan bahwa turbin dengan jumlah sudu 5 memiliki efisiensi rata-rata sebesar 47,79%. Ketika jumlah sudu ditambah menjadi 6 efisiensi turbin meningkat menjadi 52,39%. Sedangkan turbin pada jumlah sudu 7 menunjukkan efisiensi rata-rata yang lebih tinggi, yaitu sebesar 53,80%. Temuan ini mengindikasikan bahwa turbin dengan jumlah sudu 7 memiliki efisiensi yang lebih dibandingkan dengan turbin dengan jumlah sudu 5 dan 6. Dengan kata lain, semakin banyak jumlah sudu yang digunakan maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Penambahan jumlah sudu pada turbin ulir Archimedes berpengaruh signifikan terhadap kinerja turbin. Pada jumlah sudu 7 menunjukkan kinerja terbaik turbin dengan menghasilkan putarannya rata-rata mencapai 236,2 Rpm, daya turbin sebesar 7,76 Watt dan efisiensi turbin 53,80%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain turbin ulir Archimedes terapung dapat dioptimalkan dengan mempertimbangkan jumlah sudu untuk meningkatkan efisiensi dan daya turbin, sehingga menjadi solusi efektif untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di daerah terpencil.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M. R. (2018). Pengembangan turbin Archimedes screw sebagai alternatif pembangkit listrik tenaga mikrohidro. *Jurnal Inovasi Teknik Elektro*, 7(1), 38–43.
- Ardika, I. K., Weking, A. I., & Jasa, L. (2019). Analisa pengaruh jarak sudu terhadap putaran turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(2). <https://doi.org/10.24843/MITE.2019.v18i02.P10>

- Delingger, I. (2019). Characteristics of Archimedes screw turbine based on blade number and inflow rate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(12), 125–130.
- Erinofiardi, A. (2017). Klasifikasi turbin air berdasarkan daerah operasi. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(2), 159–165.
- Fatorre, R. (2020). Design, construction and experimentation of a 7 kW hydrokinetic turbine based on Archimedes' screws. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(3), 033304.
- Gunawan, G., Kimana, C. M., Suanggana, D., & Djafar, A. (2024). Analisis unjuk kerja turbin ulir Archimedes satu sudu dengan variasi head. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 1193–1202. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i2.4218>
- Harja, H. B., Abdurahim, H., & Yuwono, S. (2014). Analisis perbandingan unjuk kerja turbin air cross flow dan turbin air Archimedes screw. *Jurnal Mekanika*, 5(2), 61–69.
- Heri, I., & Mujiburrahman. (2019). Perancangan turbin air tipe crossflow sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 46–50. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v4i1.1981>
- Kato, T., & Matsuda, Y. (2013). Development of Archimedes screw turbine for small-scale hydropower generation. *International Journal of Rotating Machinery*, 2013, Article ID 281642. <https://doi.org/10.1155/2013/281642>
- Lisicki, M. (2016). Design and research on a new type of water screw for micro hydropower plant. *Journal of Power Technologies*, 96(5), 376–383.
- Mosbahi, O. (2020). Performance analysis of small hydro power plant based on Archimedes screw turbine. *Journal of Energy and Power Technology*, 12(3), 178–186.
- Nugraha, D. D., & Abdulloh, H. (2019). Design and optimization of Archimedes screw turbine for micro-hydropower plant. *International Journal of Renewable Energy Development*, 8(3), 271–280. <https://doi.org/10.14710/ijred.8.3.271-280>
- Pangkung, A., Klistafani, Y., Setiawan, A., & Batara, W. L. (2024). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga picohydro menggunakan turbin double Archimedes screw. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 22(2), Article 2. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v22i2.5352>
- Razvy, M. A. (2024, October 3). Design and performance evaluation of a double-bladed Archimedean screw turbine for low-head hydropower generation. *International Network for Natural Sciences / Research Journal*. <https://innspub.net/design-and-performance-evaluation-of-a-double-bladed-archimedean-screw-turbine-for-low-head-hydropower-generation/>