

# Pengaruh Variasi Jarak Celah Ulir dan Sudut Ulir Turbin Screw pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Farid Nor Rohman<sup>a</sup>, Supardi<sup>b</sup>, Edi Santoso<sup>c</sup>, Zainun Achmad<sup>d</sup>, I Made Kastiawan<sup>e</sup>, Maula Nafli<sup>f</sup>

<sup>a,b,c,d,e,f</sup>Department of Mechanical Engineering, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 06 June 2025  
Received in revised form  
10 June 2025  
Accepted 13 June 2025  
Available online 20 June 2025

### Keywords:

Gap Distance  
Microhydro Performance  
Screw Turbine  
Thread Angle

## ABSTRACT

Electrical energy is a crucial fundamental requirement in human existence. Most of the equipment used in everyday life depends on electrical energy. In addition to the rise in population and development developments in Indonesia, the demand for electrical energy will rise. If this increase is not in line with the provision of electricity generation, it could potentially cause an electrical energy crisis. Microhydro power plants can be a means of getting electricity in places where PLN electricity does not yet reach. The results of the microhydro tool using variations in gap distance of 1cm and at a blade angle of 30° produced the largest electrical output power, namely 37.74 watts. This occurs due to a blade angle of 30° the incoming water jet can perfectly hit the threaded part of the turbine and at a gap distance of 1cm the thrust force that occurs is greater so it will produce high rotation. The higher the rpm produced, the higher the power output from the generator. In the microhydro device, using a screw turbine with a gap distance of 1 cm and a thread angle of 30° produces the best turbine efficiency, namely 74% and generator efficiency of 69%, and produces the best PLTMH efficiency, namely 51%.

## 1 Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan yang vital, di mana hampir semua peralatan modern bergantung pada sumber energi ini. Dengan pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan sektor pembangunan di Indonesia, permintaan akan listrik diperkirakan akan terus meningkat. Apabila kebutuhan ini tidak diimbangi dengan penambahan kapasitas pembangkit listrik, hal ini bisa berpotensi menimbulkan krisis energi. Saat ini, distribusi pasokan listrik lebih banyak terfokus di daerah perkotaan, sementara banyak wilayah pedalaman yang masih mengalami kekurangan pasokan listrik yang memadai (Adistia et al., 2020). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ialah program berukuran kecil yang memakai aliran air dengan volume rendah sebagai sumber energi penggerakannya. Sumber air untuk PLTMH bisa asalnya dari sungai, saluran irigasi, ataupun air terjun alami. Daya yang dihasilkan oleh turbin akan makin tinggi seiring dengan meningkatnya debit air yang melaluinya. Debit air ini dipengaruhi oleh beragam faktor, misalnya curah hujan, kondisi geologi daerah tersebut, vegetasi, dan temperatur lingkungan. Selain itu, perbedaan ketinggian atau head, yang merupakan jarak antara permukaan air pada reservoir dan titik keluarnya air dari turbin, juga berperan penting. Semakin besar perbedaan ketinggian ini, semakin besar pula potensi energi yang bisa diubah menjadi energi listrik. Energi yang terkumpul ini akan menggerakkan turbin, lalu mengubah gerakan mekanik tersebut menjadi energi listrik melalui proses konversi di generator. Meskipun daya yang dihasilkan oleh PLTMH relatif lebih kecil daripada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) skala besar, sistem mikrohidro memiliki keuntungan dalam hal kesederhanaan peralatan serta kebutuhan ruang yang lebih sedikit untuk pemasangan dan operasionalnya. Oleh karena itu, sistem pembangkit mikrohidro sangat cocok untuk menyediakan listrik di daerah terpencil dan pedesaan. (Astro, Doa and Hendro, 2020) Daerah aliran sungai memiliki potensi yang baik untuk pembangunan PLTMH, karena terdapat saluran irigasi persawahan yang dapat dimanfaatkan. Salah satu contohnya adalah aliran sungai Kali Suto di Kecamatan Kanor, yang memiliki saluran irigasi persawahan yang berpotensi dipakai menjadi pembangkit tenaga mikrohidro. Tetapi sekarang saluran tersebut belum dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Berdasarkan potensi ini, dalam tugas akhir ini peneliti akan merancang sebuah PLTMH dengan menggunakan turbin Archimedes screw, serta menganalisis pengaruh sudut dan panjang ulir terhadap performa yang dihasilkan, untuk

menentukan variasi turbin yang dapat menghasilkan daya output paling besar.

## 2 Studi Literatur

Study literatur pada penelitian ini penulis melakukan pembaruan tentang penelitian turbin screw terdahulu dengan cara membaca dan mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya teori yang berhubungan dengan penelitian turbin screw ini. Pada penelitian sebelumnya yaitu "Modifikasi Alat Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Screw" (Jamaluddin., 2023). Fokus utama dari penelitian terdahulu yaitu mencakup antara lain: Efisiensi Energi: Bagaimana desain turbin screw dapat memaksimalkan konversi energi. Aplikasi Skala Kecil: Turbin ini dirancang untuk kebutuhan listrik skala kecil atau di daerah terpencil. Keberlanjutan: Penggunaan material dan desain yang sederhana sehingga mempermudah implementasi di berbagai lokasi. Hasil dari penelitian terdahulu menunjukkan bahwa turbin screw memiliki potensi efisiensi yang baik dalam aliran air rendah, namun efisiensi tersebut dapat dipengaruhi oleh variabel seperti bentuk ulir, sudut pemasangan, dan kecepatan aliran air. Dan penulis membuat penelitian terbaru dengan judul "Pengaruh Variasi Jarak Celah Ulir dan Sudut Ulir Turbin Screw pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)". perbandingan dan relevansi dari penelitian terbaru yaitu mencakup antara lain: Fokus Variabel: Penelitian terdahulu lebih umum, berfokus pada modifikasi desain turbin screw secara keseluruhan, sedangkan penelitian baru lebih spesifik, menguji pengaruh dua parameter desain terhadap efisiensi. Peningkatan Efisiensi: Penelitian baru mengembangkan parameter desain yang belum dieksplorasi sebelumnya untuk meningkatkan kinerja turbin screw. Aplikasi Praktis: Keduanya bertujuan untuk mendukung penggunaan energi terbarukan yang lebih efisien, tetapi penelitian baru memberikan pendekatan yang lebih mendalam pada aspek desain spesifik untuk meningkatkan efisiensi energi.

Dengan fokus baru ini, hasil penelitian diharapkan memberikan panduan desain yang lebih akurat untuk pengembangan PLTMH menggunakan turbin screw, sehingga bisa memberi jalan keluar yang lebih baik untuk kebutuhan listrik di daerah terpencil atau dengan sumber daya air terbatas.

### 3 Metodologi

Metodologi penelitian merujuk pada serangkaian tahapan yang diambil peneliti untuk mengumpulkan informasi atau data yang akan diolah dan dianalisis dengan cara ilmiah. Langkah pertama pada penelitian ini ialah pengambilan data yang dimulai dengan riset pendahuluan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada. Teori-teori yang relevan dikumpulkan untuk mendukung proses pengolahan data, yang nantinya akan disesuaikan dengan landasan teori yang diperoleh dari berbagai studi pustaka. Setelah data dikumpulkan dan diolah, analisis dilakukan dengan mempertimbangkan hubungan antara permasalahan, tujuan penelitian, dan dasar teori yang digunakan, sehingga akhirnya dapat ditarik kesimpulan yang relevan. Pada tugas akhir ini, penelitian menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh jarak celah ulir dan sudut ulir kepada performa pada rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Metode penelitian dimulai dengan pembuatan alat mikrohidro dan turbin air, yang kemudian diuji untuk memperoleh data performa. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jarak celah ulir 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm, serta sudut ulir 25°, 30°, dan 35°, yang akan diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa turbin yang dihasilkan. Penelitian dilaksanakan di aliran air terjun Sangga Toya Pacet, Kabupaten Mojokerto, dengan tahapan yang meliputi persiapan penelitian, pelaksanaan, pengambilan data, dan pengolahan data. Untuk pengukuran debit air, digunakan metode apung, sementara kecepatan putaran rotor diukur dengan tachometer, dan daya output yang dihasilkan diukur menggunakan multimeter.

#### 3.1 Persamaan

##### 1. Debit Air

Debit air merupakan besarnya volume air di saluran pada satuan waktu tertentu. Perhitungan debit dapat dihitung memakai rumus dibawah ini:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \text{Laju aliran volume (liter/s)} \quad (1)$$

$$V = \text{Liter (liter)}$$

$$t = \text{Waktu (detik)}$$

##### 2. Daya Air

Daya air yaitu energi yang dihasilkan dari pergerakan air yang mengalir. Energi ini bisa digunakan untuk menghasilkan energi mekanis ataupun energi listrik. Daya air dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_a = \text{Daya air yang tersedia (Watt)} \quad (2)$$

$$P = \text{Densitas air (1000 kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

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

$$H = \text{Head (m)}$$

##### 3. Torsi

Torsi ialah gaya eksternal yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar mengelilingi sumbu putarnya. Dalam memutar generator diperlukan torsi poros dari putaran turbin. Dalam menghitung torsi dipakai rumus seperti dibawah ini:

$$T = F \times r$$

$$T = \text{Torsi (N.m)} \quad (3)$$

$$F = \text{Gaya (Newton)}$$

$$r = \text{Jari-jari turbin (m)}$$

##### 4. Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut mengacu pada laju perputaran suatu benda sekitar sumbu putarnya, yang sering digambarkan sebagai besaran vektor (atau lebih tepatnya vektor semu). Untuk menghitung kecepatan sudut, rumus yang digunakan adalah:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \text{ (RPM)}}{60}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut (rad/s)} \quad (4)$$

$$n = \text{Putaran turbin (rpm)}$$

$$\pi = \text{Konstanta (3,14)}$$

##### 5. Daya Turbin

Daya turbin merujuk pada daya yang dihasilkan poros turbin sebagai dampak putaran yang disebabkan oleh tumbukan air pada sudu turbin. Tumbukan ini memutar poros dan menghasilkan torsi. Untuk menghitung daya yang dihasilkan turbin, digunakan rumus:

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = \text{Daya turbin (Watt)} \quad (5)$$

$$T = \text{Kapasitas torsi yang terjadi (N.m)}$$

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

##### 6. Daya Generator

Generator fungsinya untuk merubah energi kinetik jadi energi listrik. Daya yang dihasilkan oleh generator mencerminkan jumlah energi listrik yang diproduksi. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya generator adalah:

$$P_g = V \cdot I$$

$$P_g = \text{Daya output generator (Watt)} \quad (6)$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

##### 7. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin menunjukkan seberapa efektif turbin dalam menghasilkan daya, yaitu dengan membandingkan daya yang dihasilkan dengan kinerja turbin itu sendiri. Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi turbin adalah:

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \text{Efisiensi turbin (\%)} \quad (7)$$

$$P_t = \text{Daya turbin (Watt)}$$

$$P_a = \text{Daya air yang tersedia (Watt)}$$

##### 8. Efisiensi Generator

Efisiensi Generator merujuk pada seberapa baik sebuah generator merubah energi mekanik atau energi gerak menjadi energi listrik. Persamaan untuk menghasilkan nilai efisiensi yaitu sebagai berikut:

$$\eta_g = \frac{P_g}{P_t} \times 100\%$$

$\eta_g$  = Efisiensi Generator (%)  
 $P_g$  = Daya generator (Watt)  
 $P_t$  = Daya turbin (Watt)

9. Efisiensi PLTMH

Efisiensi PLTMH adalah kemampuan di mana turbin air dapat mengubah tenaga mekanik air menjadi tenaga listrik. Pernyataan ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja dari suatu alat konversi energi. Persamaan untuk menghasilkan nilai efisiensi yaitu sebagai berikut:

$\eta = \eta_t \times \eta_g$   
 $\eta$  = Efisiensi PLTMH  
 $\eta_t$  = Efisiensi Turbin (%)  
 $\eta_g$  = Efisiensi Generator (%)

3.2 Tabel

Tabel 1. Variasi jarak celah ulir dan sudut ulir.

Jarak Celah Ulir	Sudut Ulir
1 cm	25°, 30°, dan 35°
1,5 cm	25°, 30°, dan 35°
2 cm	25°, 30°, dan 35°

Tabel 2. Hasil perhitungan kecepatan turbin.

No	Ket.	Jarak Celah								
		1 cm			1,5 cm			2 cm		
		Sudut Screw			Sudut Screw			Sudut Screw		
	25°	30°	35°	25°	30°	35°	25°	30°	35°	
1	Torsi	1,29 Nm	1,30 Nm	1,09 Nm	1,24 Nm	1,25 Nm	1,03 Nm	1,18 Nm	1,25 Nm	0,96 Nm
2	Kec. Sudut	39,22 rad/s	41,92 rad/s	36,05 rad/s	37,26 rad/s	40,11 rad/s	34,36 rad/s	35,69 rad/s	38,37 rad/s	32,79 rad/s

Tabel 3. Hasil perhitungan daya dan efisiensi.

Jarak Celah	Sudut Screw	Putaran (RPM)	Daya Turbin (watt)	Daya Generator (watt)	Efisiensi Turbin (%)	Efisiensi Generator (%)	Efisiensi PLTMH (%)
1 cm	25°	374,8	50,59	31,43	68	62	42
	30°	400,6	54,49	37,74	74	69	51
	35°	344	39,29	16,99	53	43	22
1,5 cm	25°	356	46,20	26,50	62	57	35
	30°	383,3	50,13	32,25	68	64	43
	35°	328,3	35,39	13,09	48	36	17
2 cm	25°	341	42,11	23,32	57	55	31
	30°	366,3	47,96	27,95	65	58	37
	35°	313,3	31,47	9,79	42	31	12

4 Pembahasan

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa dari beberapa variasi pengujian memiliki hasil yang berbeda-beda dari jarak celah ulir 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm serta sudut ulir 25°, 30°, dan 35° dengan hasil pengujian paling tinggi yaitu celah 1 cm dan sudut 30°,

untuk penjelasan lebih detail terdapat pada grafik pengujian dibawah ini:

1. Grafik hasil pengujian terhadap putaran turbin



Gambar 1. Grafik hasil pengujian terhadap putaran turbin

Hasil analisa dari grafik diatas yaitu bahwa sudut ulir 30° dengan jarak celah 1 cm memiliki putaran yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan semakin rapat atau semakin renggang jarak celah sangat mempengaruhi kinerja turbin sehingga perlu pemilihan jarak celah yang sesuai.

2. Grafik hasil pengujian terhadap daya turbin



Gambar 2. Grafik hasil pengujian terhadap putaran turbin

Hasil analisa dari grafik diatas yaitu bahwa sudut ulir 30° dengan jarak celah 1 cm memiliki keluaran daya yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan daya yang dihasilkan meningkat karena turbin lebih efisien dalam merubah energi kinetik air jadi energi mekanik.

3. Grafik hasil pengujian terhadap daya generator



Gambar 3. Grafik pengaruh variasi terhadap daya generator

Hasil analisa dari grafik diatas yaitu bahwa sudut ulir 30° dengan jarak celah 1 cm memiliki keluaran daya yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan semakin rapat atau semakin renggang jarak celah sangat mempengaruhi kinerja turbin sehingga perlu pemilihan jarak celah yang sesuai agar air dapat menghantam ulir dengan sempurna sehingga bisa mengoptimalkan gaya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan putaran yang tinggi. Makin besar putaran yang dihasilkan maka daya output dari generator juga makin tinggi.

## 4. Grafik dampak variasi kepada efisiensi turbin



Gambar 4. Grafik dampak variasi kepada efisiensi turbin Hasil analisa dari grafik diatas yaitu bahwa sudut ulir 30° dengan celah ulir 1cm memiliki efisiensi daya yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan semakin rapat atau semakin renggang jarak celah sangat mempengaruhi kinerja turbin sehingga perlu pemilihan jarak celah yang sesuai. Alasan di baliknya adalah agar air yang masuk bisa mengenai semua permukaan sudu turbin secara optimal, sehingga meningkatkan gaya dorong yang dihasilkan oleh air dan menghasilkan putaran yang lebih cepat. Semakin cepat putaran yang tercapai, semakin tinggi pula efisiensi turbin.

## 5. Grafik dampak variasi terhadap efisiensi generator



Gambar 5. Grafik dampak variasi terhadap efisiensi generator Berdasarkan analisis grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa sudut ulir 30° dengan jarak celah 1 cm memberikan efisiensi generator tertinggi. Ini disebabkan oleh aliran air yang secara maksimal mengenai ulir turbin, sehingga meningkatkan gaya dorong air pada turbin dan mempercepat putaran. Semakin tinggi putaran yang tercapai, semakin besar dampaknya terhadap peningkatan daya output generator.

## 5 Kesimpulan

Menurut hasil pengujian, bisa ditarik kesimpulan bahwasanya kedua variabel tersebut memiliki dampak signifikan kepada daya performa. Alat mikrohidro dengan variasi jarak celah 1 cm dan sudut ulir 30° menghasilkan daya output listrik tertinggi, yaitu 37,74 watt. Hal ini disebabkan oleh sudut ulir 30° yang memungkinkan air untuk dengan sempurna mengenai bagian ulir turbin, sementara jarak celah 1 cm meningkatkan gaya dorong, sehingga menghasilkan putaran turbin yang lebih tinggi. Putaran yang lebih cepat (rpm) akan menghasilkan daya yang lebih besar pada generator. Selain itu, alat mikrohidro dengan turbin screw pada variasi jarak celah 1 cm dan sudut ulir 30° menghasilkan efisiensi turbin terbaik sebesar 74%, efisiensi generator 69%, dan efisiensi PLTMH sebesar 51%. Grafik karakteristik yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu makin tinggi efisiensi, makin besar daya yang dihasilkan.

## Kontribusi Penulis

Penulis 1 dan Penulis 2 berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian. Metodologi dikembangkan oleh Penulis 1 dan Penulis 3, sementara pengembangan perangkat lunak dilakukan oleh Penulis 1. Proses validasi dilakukan oleh Penulis 1, Penulis 2, Penulis 3, dan Penulis 4. Analisis formal dikerjakan oleh Penulis 1 dan Penulis 3, sedangkan investigasi dilaksanakan oleh Penulis 2 dan Penulis 4. Penulis 5 dan Penulis 6 menyediakan sumber daya yang dibutuhkan dalam penelitian, sementara kurasi data dilakukan oleh Penulis 2 dan Penulis 5. Penulisan draf awal dilakukan oleh Penulis 1 dan Penulis 2, dan proses peninjauan serta penyuntingan naskah dilakukan oleh Penulis 3, Penulis 4, dan Penulis 6. Visualisasi data dikerjakan oleh Penulis 2 dan Penulis 4. Pengawasan terhadap keseluruhan kegiatan penelitian dilakukan oleh Penulis 1 dan Penulis 5, sedangkan administrasi proyek ditangani oleh Penulis 5. Terakhir, perolehan pendanaan untuk mendukung penelitian ini diupayakan oleh Penulis 6.

## Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah, penulis menyampaikan terima kasih atas rahmat dan bimbingan Allah SWT, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini merupakan langkah awal yang penting dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Diharapkan hasilnya dapat mendukung pengembangan turbin ulir sebagai solusi inovatif dan aplikatif untuk kebutuhan energi masyarakat.

## Referensi

- [1] Adistia, N.A. *et al.* (2020) 'Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia', *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), p. 105. Available at: <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9107>.
- [2] Amali, L.M.K., Mohamad, Y. and Ntobuo, N.E. (2021) 'Pemanfaatan Sumber Daya Air sebagai Pembangkit Listrik Skala Pico untuk Menunjang Belajar, Kekerja dan Berkarya', *Jurnal Sibermas (Sinergi Pemberdayaan Masyarakat)*, 10(1), pp. 183–195. Available at: <https://doi.org/10.37905/sibermas.v10i1.10402>.
- [3] Astro, R.B., Doa, H. and Hendro, H. (2020) 'Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro', *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(1), p. 142. Available at: <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i1.1858>.
- [4] Jamaluddin, J. (2023) 'Modifikasi Alat Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Screw', *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 18(01), pp. 46–50. Available at: <https://doi.org/10.47398/iltek.v18i01.83>.
- [5] Nurdin, A. and Himawanto, D.A. (2018) 'Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah', *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 9(2), pp. 783–796. Available at: <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2340>.