(2025), 3 (6): 58-63 **Scientica** 3021-8209

Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi

UJI KARAKTERISTIK TURBIN AIR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO (PLTPH) DI DESA CIBODAS KABUPATEN BANDUNG

[1] Rayhan Akmal Oktavian, [2] Muhammad Pramuda N. S.
Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Kota Bandung, Jawa Barat 40124
Email: rayhanakmalo@gmail.com

Abstract (English)
Hydroelectric Power Plant is one of the utilizations of renewable energy sources where water's potential energy is converted to kinetic energy by a turbine which then converted into electrical power by a generator. One component of a Hydroelectric Power Plant especially that utilizes low head is a crossflow turbine. In previous research, a crossflow turbine has been designed and built for application in Cibodas Village. This study aims to obtain the characteristics of said crossflow turbine. Testing of the crossflow turbine was carried out by varying the nozzle's angle of attack (0° and 15°) to obtain the turbine's efficiency. The test results obtained a maximum efficiency of 36,68 % at 15° angle of attack. Meanwhile, the lowest efficiency occured at 0° angle of attack, at 35,08 %.

Article History
Submitted: 4 September 2025
Accepted: 7 September 2025
Published: 8 September 2025

Key Words
Turbine, Testing, Characteristics

Abstrak (Indonesia)
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu pemanfaatan sumber energi terbarukan dimana energi potensial air diubah menjadi energi kinetik oleh turbin yang kemudian dijadikan energi listrik oleh generator. Salah satu komponen dari PLTA khusunya yang memanfaatkan head rendah adalah turbin crossflow. Pada penelitian sebelumnya telah dirancang dan dibuat sebuah turbin crossflow untuk aplikasi di Desa Cibodas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik dari turbin crossflow tersebut. Pengujian turbin crossflow dilakukan dengan memvariasikan sudut serang nozzle (0° dan 15°) sehingga diperoleh efisiensi turbin. Hasil pengujian didapatkan efisiensi maksimal sebesar 36,68 % pada sudut serang 15°. Sedangkan efisiensi terkecil terjadi pada sudut serang 0°, sebesar 35,08%.

Sejarah Artikel
Submitted: 4 September 2025
Accepted: 7 September 2025
Published: 8 September 2025

Kata Kunci
Turbin, Pengujian, Karakteristik

1. PENDAHULUAN

Saat ini, pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi salah satu fokus utama dalam upaya mengurangi jejak karbon di atmosfer. Salah satu cara pemanfaatan tersebut adalah menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik oleh turbin yang kemudian disalurkan ke *generator* untuk dijadikan energi listrik yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan [1] serta pembuatan dan uji fungsional oleh [2]. Penelitian kali ini akan dilakukan pengujian kembali untuk mencari tahu karakteristik dari turbin air tersebut dengan *head* 2,56 m. Turbin air berjenis *crossflow* ini memiliki diameter sebesar 153 mm dan panjang 397 mm dengan jumlah bilah sebanyak 20 buah yang berjarak 24 mm antar bilah.

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai pengujian turbin *crossflow* antara lain, [3] melakukan studi kinerja turbin *crossflow* berdasarkan sudut serang *nozzle* dan sudut sudunya menghasilkan efisiensi tertinggi 77 % pada sudut serang 15° dan sudut sudu 16°. Pada penelitian oleh [4] mengenai unjuk kerja turbin *crossflow* dengan variasi debit air dan sudut serang *nozzle* menyimpulkan efisiensi sebesar 72,9 % dapat dicapai pada debit 10 GPM dan sudut serang 30°.

Pada perancangan sebelumnya oleh [1], telah dilakukan simulasi turbin menggunakan *software* ANSYS. Dimana daya yang dihasilkan turbin sebesar 64 W dengan efisiensi 47,7%. Sedangkan pada uji fungsional oleh [2] turbin tersebut menghasilkan daya maksimum sebesar 0,834 W di *generator*. Pada penelitian kali ini, akan dilakukan uji karakteristik turbin berupa torsi, daya, dan efisiensi dengan variasi sudut serang *nozzle* untuk mendapatkan daya maksimum dan efisiensi turbin sebenarnya di poros turbin.

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu sumber energi listrik dengan mengandalkan aliran air dan perbedaan ketinggian permukaan air. Untuk pembangkit listrik skala kecil, biasanya air tidak dibendung melainkan air dialirkan melalui pipa, kemudian air dialirkan ke arah turbin sehingga turbin berputar dan putaran turbin akan memutar *generator* untuk menghasilkan listrik. [5] PLTA diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan daya listrik yang dihasilkan:

Tabel 1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air [6]

Klasifikasi	Daya yang Dihasilkan
Large Hydro	> 100 MW
Medium Hydro	15-100 MW
Small Hydro	1-15 MW
Mini Hydro	100 kW-1 MW
Micro Hydro	5 kW-100 kW
Pico Hydro	< 5 kW

Turbin *crossflow* adalah salah satu jenis turbin impuls yang dikenal dengan nama Michell – Banki, sebagai penemunya. Turbin *crossflow* juga disebut sebagai turbin Osberger yang diambil dari nama perusahaan yang memproduksi turbin *crossflow*. [7] Turbin *crossflow* seringkali digunakan dalam PLTPH karena turbin ini tidak memerlukan head yang tinggi untuk bekerja (1 – 200 m).

2. METODOLOGI

Pengujian dilaksanakan di Desa Cibodas, Kab. Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, dimana turbin diuji secara nyata untuk mendapatkan data pengujian. Metode eksperimen meliputi modifikasi alat uji berupa pembuatan dan pemasangan alat uji ke rangka turbin sampai pengujian kinerja turbin.

Gambar 1. Instalasi Alat Uji di Desa Cibodas

Dari hasil pengukuran diperoleh beberapa data pengamatan sebagai berikut:

- Debit air = 0,00348 $\frac{m^3}{s}$.
- Tekanan air pada pipa = 1,4 bar.
- Tekanan lingkungan di lokasi = 89.000 Pa.
- Diameter *pulley* yang dijadikan bidang pengereman = 2,5 inci.

Tabel 2. Tabel Data Pengamatan

Sudut Serang *Nozzle* (°)	N (rpm)	F (kg)	
		F_1	F_2
0	290	0	0
	240	0,3	0,65
	190	0,45	1,3
	140	0,5	1,495
	90	0,53	1,78
15	284	0	0
	234	0,25	0,5
	184	0,39	1,1
	134	0,53	1,79
	84	0,48	1,98

Data hasil pengamatan tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan data lain beserta karakteristik turbin berupa torsi, daya, dan efisiensi. Sebagaimana dijelaskan di bawah:

1. Kecepatan air

   Kecepatan aliran air mempengaruhi besarnya daya kinetik air yang dihasilkan. Maka untuk menentukan kecepatan kecepatan air saat keluar dari *nozzle* dapat diketahui dengan persamaan (1) berikut:

$$v = \frac{Q}{A_{nozzle}} \quad (1)$$

2. Tekanan air

   Tekanan air pada pipa juga mempengaruhi besarnya daya potensial air yang dihasilkan. Oleh karena itu tekanan air diketahui dengan persamaan (2) berikut:

$$P_{absolut} = P_{gauge} + P_{lingkungan} \quad (2)$$

3. Torsi turbin

   Untuk mendapatkan daya turbin, torsi turbin perlu diketahui terlebih dahulu. Maka dari itu persamaan torsi ditunjukkan pada persamaan (3) berikut:

$$T = \frac{F \cdot g \cdot r}{0{,}8} \quad (3)$$

4. Daya air

   Daya air teoritis ditunjukkan pada persamaan (4), dan diperjelas lagi pada persamaan (5) berikut:

$$WHP = Ep + Ek \quad (4)$$

$$WHP = \left(\frac{Q \cdot (P_{absolut} - P_{lingkungan})}{\rho \cdot g}\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2\right) \quad (5)$$

5. Daya turbin

   Setelah mendapatkan torsi turbin, daya yang dihasilkan oleh turbin dapat diketahui menggunakan persamaan (6) berikut:

$$THP = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \quad (6)$$

6. Efisiensi turbin

Efisiensi dapat diketahui dengan membandingkan daya yang dihasilkan turbin dengan daya air teoritis sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (7) berikut:

$$\eta_t = \frac{THP}{WHP} \cdot 100\% \quad (7)$$

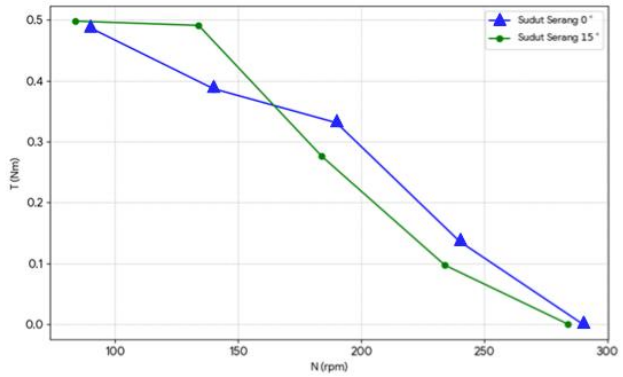
Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil karakteristik turbin *crossflow* berupa torsi, daya, dan efisiensi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

Sudut Serang *Nozzle* (°)	N (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
0	290	0	0	0
	240	0,136	3,418	18,25
	190	0,331	6,581	35,08
	140	0,387	5,677	30,26
	90	0,487	4,584	24,44
15	284	0	0	0
	234	0,097	2,384	12,71
	184	0,276	5,324	28,38
	134	0,491	6,88	36,68
	84	0,498	4,381	23,36

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

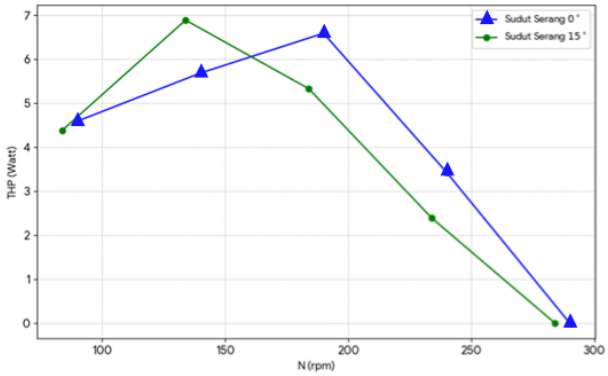
Hasil perhitungan torsi yang dihasilkan turbin dengan variasi sudut serang 0° dan 15° dapat ditunjukkan oleh grafik pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Torsi Terhadap Putaran Turbin dengan Variasi Sudut Serang *Nozzle*

Dari gambar 2 dapat diketahui bahwa torsi tertinggi turbin diperoleh pada sudut serang 15° yang mencapai 0,498 Nm walaupun turbin dapat berputar lebih tinggi pada sudut serang 0°, sebesar 290 rpm. Torsi maksimum terjadi pada putaran terendah dimana turbin mengalami pembebanan terbesar. Seiring terjadinya pengurangan beban, putaran turbin bertambah dan torsi mengalami penurunan.

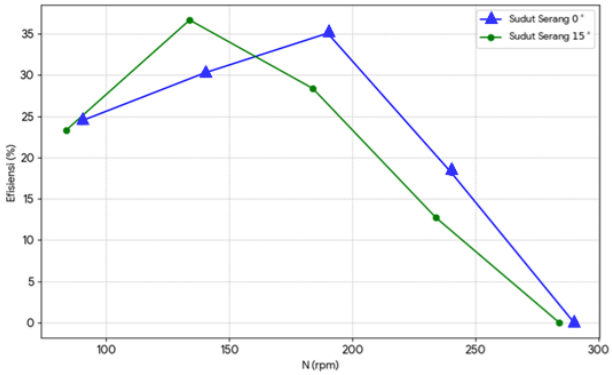
Setelah mendapatkan torsi turbin, daya turbin dapat diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Daya Terhadap Putaran Turbin dengan Variasi Sudut Serang *Nozzle*

Berdasarkan gambar 3, daya terbesar dihasilkan pada sudut serang 15° sebesar 6,88 W. Pada gambar juga terlihat bahwa daya turbin mengalami kenaikan terlebih dahulu sebelum mencapai daya maksimum, kemudian menurun seiring putaran turbin meningkat. Dimana saat daya mengalami kenaikan, besarnya penurunan torsi tidak mempengaruhi nilai daya dibandingkan kenaikan putaran pada turbin. Sedangkan saat daya menurun, besarnya penurunan torsi lebih mempengaruhi nilai daya turbin yang dihasilkan walaupun putaran turbin tetap mengalami kenaikan.

Hasil pengolahan data di akhir memberikan karakteristik efisiensi pada turbin yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Terhadap Putaran Turbin dengan Variasi Sudut Serang *Nozzle*

Sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 4, hal yang sama juga tejadi pada karakteristik efisiensi. Dimana efisiensi akan mengalami kenaikan di awal sebelum mencapai efisiensi maksimumnya, kemudian efisiensi tersebut menurun seiring naiknya putaran turbin. Efisiensi maksimum turbin juga tercapai pada sudut serang 15°, yaitu sebesar 36,68%.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian pada turbin dengan variasi sudut serang nozzle untuk mendapatkan karakteristik turbin berupa torsi, daya, dan efisiensi, sudut 15° menjadi sudut optimal nozzle. Sedangkan pada jarak nozzle, semakin jauh nozzle dari turbin maka semakin rendah nilai torsi, daya, dan efisiensi yang dihasilkan. Dimana pada sudut serang 15°, turbin

menghasilkan torsi maksimum sebesar 0,498 Nm, daya maksimum sebesar 6,88 W, dan efisiensi maksimum sebesar 36,68 %.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kurnia, L. B. (2024). Perancangan Turbin Air pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) di Desa Cibodas Kabupaten Bandung.
[2] Perkasa, S. A. (2024). Pembuatan Turbin Air untuk PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro) di Desa Cibodas, Kab. Bandung.
[3] Mafruddin, Amrizal. (2017). Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-flow.
[4] Setiawan Y., Wahyudi I., Nandes E. (2013). Unjuk Kerja Turbin Air Tipe Cross Flow dengan Variasi Debit Air dan Sudut Serang Nosel.
[5] Soehada, A. M., Negara, T. G. P. (2019). Rancang Bangun dan Performa Generator DC Low Head Picohydro di Daerah Cipanas-Bogor.
[6] Arismunandar, A., Kuwahara, S. (2004). Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid I.
[7] Solihat, I. Mahendrawan, E. (2020). Pengaruh Variasi Ketinggian Toren Penampung (Head) Terhadap Daya yang Dihasilkan pada Pengujian Turbin Air Crossflow.