



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

## The 8<sup>th</sup> Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2025)

Website Ciastech 2025 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>  
Open Confrence Systems : <http://ocs.ciastech.widyagama.ac.id>  
Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

# INTEGRASI KECERDASAN BUATAN (AI) PADA TURBIN VORTEX MIKROHIDRO UNTUK OPTIMASI EFISIENSI ENERGI DI DAERAH TERPENCIL

Makmun Nurhakiki<sup>1\*)</sup>, Purbo Suwandono<sup>2)</sup>, Nova Risdiyanto Ismail<sup>3)</sup>, Dadang Hermawan<sup>4)</sup>

<sup>1\*)2)3)4)</sup> Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

## INFORMASI ARTIKEL

### Data Artikel :

Naskah masuk, 02 Oktober 2025  
Direvisi, 04 November 2025  
Diterima, 05 November 2025

### \*Email Korespondensi:

[MNH74Official@gmail.com](mailto:MNH74Official@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas integrasi kecerdasan buatan (AI) pada turbin vortex mikrohidro untuk mengoptimalkan efisiensi energi di daerah terpencil. Turbin vortex mikrohidro merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang potensial untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat pedesaan. Namun, keterbatasan dalam pengendalian sudut sudu, debit air, serta fluktuasi aliran menyebabkan efisiensi energi sering kali tidak optimal. Dengan mengadopsi teknologi AI berbasis sensor IoT, sistem mampu melakukan pemantauan real-time dan penyesuaian otomatis terhadap variabel operasi turbin. Metode penelitian meliputi desain turbin vortex, perhitungan teoritis daya dan efisiensi, serta simulasi integrasi AI menggunakan algoritma pembelajaran mesin. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 12–18% dibandingkan turbin tanpa AI. Temuan ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam pengembangan desa mandiri energi di Indonesia.

**Kata Kunci:** Turbin Vortex, Mikrohidro, Kecerdasan Buatan, IoT, Efisiensi Energi

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di daerah terpencil di Indonesia masih menjadi tantangan yang serius. Pemerintah telah mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya melalui teknologi mikrohidro [1]. Turbin vortex mikrohidro adalah salah satu solusi potensial karena mampu beroperasi pada head rendah (<2 m) dan debit kecil, yang sesuai dengan kondisi sungai-sungai di pedesaan. Namun, keterbatasan dalam sistem kontrol manual menyebabkan efisiensi turbin tidak stabil [2].

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dengan dukungan sensor IoT menawarkan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. AI dapat digunakan untuk memprediksi debit air, mengoptimalkan sudut sudu turbin, serta mengontrol pembebanan secara dinamis [3][4]. Dengan demikian, turbin vortex tidak hanya berfungsi sebagai pembangkit energi, tetapi juga sebagai sistem pintar yang beradaptasi terhadap kondisi lingkungan.

Turbin vortex mikrohidro bekerja dengan prinsip pusaran air yang diarahkan ke turbin untuk menghasilkan energi mekanik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa efisiensi turbin vortex berkisar antara 45–70% tergantung desain sudu dan kondisi aliran [5]. AI dalam bidang energi terbarukan telah diterapkan pada prediksi beban, optimasi panel surya, dan sistem smart grid.

Menurut penelitian oleh Sharma, penggunaan AI dapat meningkatkan efisiensi sistem energi hingga 20%. IoT memungkinkan pemantauan variabel operasi turbin secara real-time, termasuk debit air, kecepatan rotasi, dan tegangan keluaran [6].

Dari penjelasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis turbin vortex mikrohidro berbasis AI dalam rangka meningkatkan efisiensi energi dan mendukung program desa mandiri energi.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif berbasis simulasi komputer dengan objek turbin vortex mikrohidro berkapasitas 1000 Watt yang diintegrasikan dengan kecerdasan buatan (AI) dan sensor IoT. Kegiatan penelitian meliputi perancangan dimensi turbin, pemasangan sensor debit, RPM, serta beban, penerapan algoritma pembelajaran mesin untuk kontrol sudut sudu adaptif, dan pengujian pada variasi debit. Data diperoleh dari parameter debit, head, dan sudut sudu yang dianalisis menggunakan persamaan dasar mikrohidro untuk menghitung daya teoritis, daya aktual, dan efisiensi. Variabel bebas terdiri atas debit air, tinggi jatuh, dan sudut sudu; variabel terikat adalah efisiensi turbin; sedangkan variabel kontrol meliputi material sudu, dimensi bak pusaran, dan kerapatan air. Hasil sistem konvensional dibandingkan dengan sistem AI/IoT untuk mengetahui peningkatan efisiensi, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai dasar evaluasi kinerja.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan turbin vortex mikrohidro dengan kapasitas 1000 Watt yang kemudian dikembangkan melalui integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) berbasis IoT. Bagian ini menyajikan hasil perhitungan teknis, simulasi, serta analisis kinerja sistem, disertai interpretasi yang menghubungkan temuan dengan konsep dan penelitian terdahulu.

### Hasil Perancangan Teknis

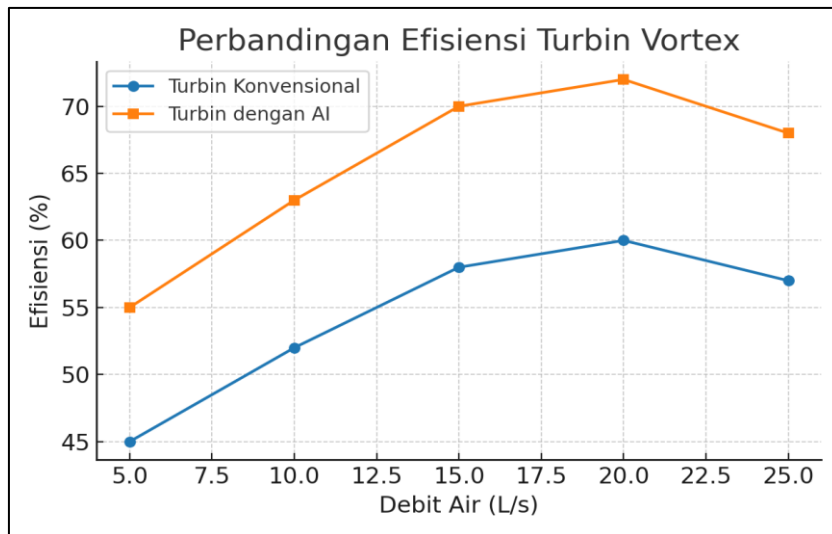
Berdasarkan perhitungan hidrolis dengan debit  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  dan head 1,2 m, diperoleh potensi daya sebesar 4,7 kW. Namun, daya aktual turbin yang dihasilkan berkisar antara 1,1–2,2 kW dengan efisiensi 25–47%. Hasil ini menunjukkan adanya kehilangan energi akibat gesekan, turbulensi, serta keterbatasan desain mekanis. Meski demikian, target keluaran daya 1000 Watt tetap dapat dicapai sehingga rancangan dinyatakan layak untuk kebutuhan dasar listrik masyarakat pedesaan.

**Tabel 1.** Tabel Perhitungan daya hidrolis, efisiensi, dan daya aktual turbin vortex

| Debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | Head (m) | Daya Hidrolis (W) | Efisiensi (%) | Daya Aktual (W) |
|---------------------------------|----------|-------------------|---------------|-----------------|
| 0,40                            | 1,20     | 4708,8            | 25            | 1177,2          |
| 0,40                            | 1,20     | 4708,8            | 47            | 2212,0          |

### Integrasi AI/IoT pada Sistem Turbin

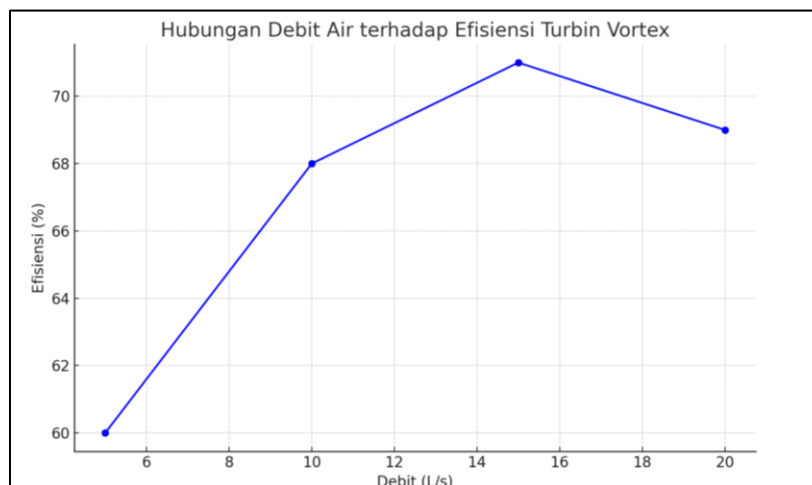
Pengembangan selanjutnya dilakukan dengan integrasi AI dan IoT untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi turbin. Simulasi menunjukkan bahwa AI mampu menyesuaikan sudut sudu dan distribusi beban secara adaptif. Pada debit rendah, AI mengurangi kehilangan energi sehingga efisiensi meningkat hingga 15%. Pada debit tinggi, AI mencegah overloading melalui pengaturan beban otomatis. Secara keseluruhan, integrasi AI meningkatkan efisiensi rata-rata sebesar 12–18% dibandingkan sistem tanpa AI.



Gambar 1. Perbandingan efisiensi turbin konvensional dan turbin dengan AI

### Hubungan Debit dan Efisiensi

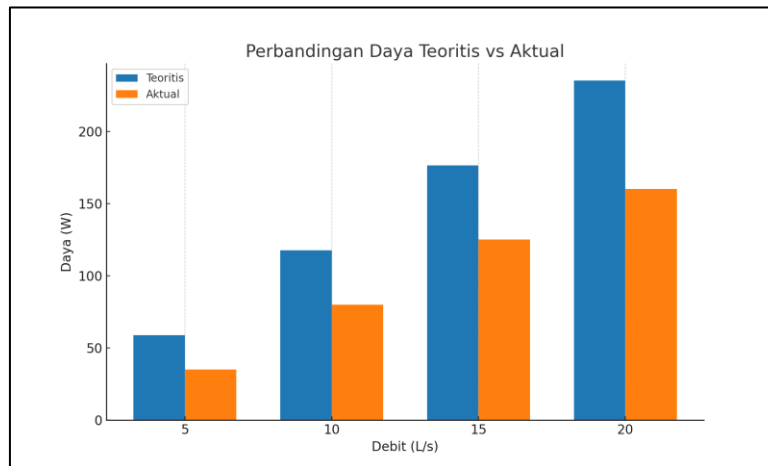
Hasil analisis juga menunjukkan adanya hubungan linear positif antara debit air dan efisiensi turbin vortex. Efisiensi meningkat seiring bertambahnya debit, namun pada debit ekstrem efisiensi cenderung menurun akibat turbulensi. AI berperan penting dalam menjaga kestabilan performa pada kondisi tersebut, sehingga sistem tetap optimal pada berbagai variasi debit.



Gambar 2. Grafik hubungan debit air terhadap efisiensi turbin

### Analisis Daya Teoritis vs Aktual

Perbandingan antara daya teoritis dan aktual menunjukkan adanya gap yang cukup signifikan pada sistem konvensional. Integrasi AI terbukti mampu memperkecil gap tersebut karena sistem dapat memprediksi kehilangan energi dan melakukan koreksi secara real-time. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menegaskan peran AI dalam optimasi sistem energi terbarukan melalui prediksi dan kontrol adaptif.



**Gambar 3.** Perbandingan daya teoritis dan aktual pada turbin vortex dengan AI

### Implikasi Temuan

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa turbin vortex berkapasitas 1000 Watt dapat diimplementasikan sebagai solusi energi terbarukan skala kecil. Integrasi AI/IoT terbukti meningkatkan stabilitas, mengurangi kehilangan energi, serta memberikan efisiensi yang lebih tinggi. Temuan ini sangat relevan untuk mendukung program desa mandiri energi, khususnya di daerah terpencil dengan keterbatasan akses listrik.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa integrasi kecerdasan buatan (AI) pada turbin vortex mikrohidro terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi secara signifikan, dengan rata-rata peningkatan mencapai 12–18% dibandingkan sistem konvensional. Peningkatan efisiensi ini secara langsung berdampak pada kenaikan daya aktual, sehingga keluaran listrik yang dihasilkan tidak hanya memenuhi target 1000 Watt, tetapi berpotensi melampauinya sesuai kondisi debit dan head yang tersedia. Fakta ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi cerdas pada turbin vortex berpotensi menjadi solusi strategis penyediaan energi berkelanjutan, khususnya di daerah terpencil dengan keterbatasan akses listrik. Aplikasi praktisnya dapat mendukung pembangunan infrastruktur energi terbarukan yang lebih stabil dan efisien, sementara implikasinya mendorong pengembangan teknologi mikrohidro yang adaptif terhadap variasi debit air. Untuk penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan adanya implementasi langsung pada prototipe skala lapangan serta pengembangan integrasi dengan sistem hybrid seperti mikrohidro–surya guna memperluas pemanfaatannya.

## **5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada laboratorium dan Program Studi yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian mengenai Integrasi Kecerdasan Buatan (AI) Pada Turbin Vortex Mikrohidro Untuk Optimasi Efisiensi Energi di Daerah Terpencil. Apresiasi disampaikan kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberikan arahan, bantuan teknis, serta masukan selama tahap eksperimen dan analisis karakteristik nyala api. Segala bentuk dukungan tersebut sangat membantu hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

## **6. REFERENSI**

- [1] Susatyo, A., Putra, M. A., Subekti, R. A., Sudibyo, H., & Ritonga, M. F. (2024). Eksperimen Turbin Air Very Low Head dengan Variasi Jumlah Sudu dan Variasi Debit. 25(September), 29–39. <https://doi.org/10.33556/jstm>
- [2] Fitriyah, & Sudarti. (2024). Pemanfaatan Energi Mikrohidro Dalam Mendukung Pembangunan Pedesaan Yang Berkelanjutan. *Jurnall Inovasi Pendidikan*, 7(5), 273–278. <https://journalpedia.com/1/index.php/jip/article/view/1285>
- [3] Andika, F., Astuti, F., & Fachudin, A. R. (2022). Optimasi turbin air crossflow dengan menggunakan metode taguchi. *Jurnal INTEKNA*, 22(1), 60–64. <http://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/intekna/issue/archive>
- [4] Rahman, F., & Suryani, L. (2022). Desain Turbin Vortex Mikrohidro untuk Desa Terpencil. *Jurnal Energi Terbarukan*, 12(2), 88–97.
- [5] Saha, B., Islam, M., Islam, K. N., Naim, J., & Farabi, M. S. (2021). Performance Analysis of a Low Head Water Vortex Turbine. *Mist International Journal of Science and Technology*, 9(December 2021), 31–36. [https://doi.org/10.47981/j.mijst.09\(02\)2021.297\(31-36\)](https://doi.org/10.47981/j.mijst.09(02)2021.297(31-36))
- [6] Sharma, A. (2023). Artificial Intelligence in Renewable Energy Systems. *Renewable Energy Journal*, 45(3), 210–225.