

Pengaruh Penambahan Deflektor Aliran pada Turbin Air Terapung Terhadap Peningkatan Kinerja Turbin

Rendi *1
Muhammad Firman²
Jainal Arifin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB, Banjarmasin, Indonesia
*e-mail: rendi.teknikmesin@gmail.com¹, firman.umiska@gmail.com², jainalarifin804@gmail.com³

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan deflektor terhadap kinerja turbin air terapung tipe undershot. Pengujian dilakukan dengan kondisi kecepatan aliran konstan sebesar 0,8 m/s dan beban mekanik tetap sebesar 3 kg. Parameter utama yang diamati meliputi putaran turbin (RPM), torsi, daya mekanik, dan efisiensi energi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan deflektor meningkatkan putaran turbin dari 40 rpm menjadi 48 rpm. Dengan torsi tetap sebesar 1,77 Nm, daya mekanik meningkat dari 7,42 W menjadi 8,90 W. Efisiensi konversi energi meningkat dari 28,98% menjadi 34,77%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa deflektor berperan dalam mengarahkan aliran air secara lebih optimal ke permukaan sudu, sehingga memperbesar gaya tangensial dan mengurangi kehilangan energi akibat turbulensi. Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa perangkat pengarah aliran dapat meningkatkan performa turbin air berskala kecil. Penelitian ini menyarankan pengembangan lebih lanjut terkait variasi bentuk dan sudut deflektor serta pemanfaatan simulasi numerik untuk optimalisasi desain.

Kata kunci: turbin air terapung, deflektor, efisiensi energi, torsi, aliran sungai

Abstract

This study aims to evaluate the effect of adding a flow deflector on the performance of an undershot floating water turbine. The experimental test was conducted under a constant flow velocity of 0.8 m/s and a fixed mechanical load of 3 kg. Key observed parameters include turbine rotation (RPM), torque, mechanical power, and energy conversion efficiency. The results show that the use of a deflector increases turbine rotation from 40 rpm to 48 rpm. With constant torque of 1.77 Nm, the mechanical power increased from 7.42 W to 8.90 W. The energy conversion efficiency rose from 28.98% to 34.77%. This improvement indicates that the deflector effectively directs water flow more optimally onto the blade surface, increasing tangential force and reducing energy loss due to turbulence. These findings align with previous studies demonstrating that flow-directing devices can improve the performance of small-scale water turbines. Further research is recommended to explore variations in deflector geometry and angle, as well as the use of numerical simulations for design optimization.

Keywords: floating water turbine, deflector, energy efficiency, torque, river flow

PENDAHULUAN

Permasalahan energi di Indonesia, terutama di wilayah-wilayah terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik nasional, menjadi isu strategis yang perlu mendapatkan perhatian serius. Pemerintah terus mendorong upaya diversifikasi energi melalui pemanfaatan sumber daya energi terbarukan yang tersedia secara lokal, salah satunya adalah energi kinetik aliran sungai. Dalam konteks ini, pengembangan pembangkit listrik tenaga air skala kecil berbasis turbin air terapung menjadi alternatif yang prospektif dan relevan, khususnya bagi masyarakat di daerah aliran sungai (DAS) yang belum terfasilitasi oleh infrastruktur energi modern.

Turbin air terapung merupakan perangkat pembangkit listrik yang bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliran air tanpa memerlukan pembangunan bendungan atau saluran air buatan. Sistem ini umumnya terdiri dari turbin yang dipasang pada platform terapung, yang kemudian diarahkan ke aliran sungai untuk menangkap energi kinetik dan mengubahnya menjadi energi mekanik. Selanjutnya, energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Keunggulan utama dari sistem ini adalah fleksibilitas pemasangan, biaya

konstruksi yang relatif rendah, dan dampak lingkungan yang minim dibandingkan dengan pembangkit hidroelektrik konvensional (Putra et al., 2020).

Namun demikian, terdapat tantangan teknis yang perlu diatasi agar sistem ini dapat bekerja secara optimal. Salah satu tantangan utama adalah fluktuasi kecepatan dan arah aliran sungai, yang berdampak pada ketidakstabilan daya keluaran dari turbin. Ketika aliran air tidak terfokus dengan baik pada sudu turbin, efisiensi konversi energi akan menurun, bahkan dapat menyebabkan kerusakan mekanis akibat turbulensi yang tinggi.

Untuk menjawab tantangan tersebut, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah melalui penambahan deflektor aliran (*flow deflector*). Deflektor aliran merupakan perangkat pasif yang dipasang pada bagian bawah atau sisi turbin untuk mengatur dan mengarahkan aliran air secara lebih terkonsentrasi ke arah sudu turbin. Dengan demikian, aliran yang semula menyebar dan tidak terarah dapat difokuskan, sehingga sudu turbin menerima tekanan fluida yang lebih merata dan stabil. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan torsi yang dihasilkan turbin serta mengurangi efek turbulensi yang merugikan. Menurut Hidayat dan Nugroho (2021), penambahan deflektor dalam sistem turbin terbuka terbukti mampu meningkatkan koefisien daya secara signifikan dalam kondisi aliran yang tidak seragam.

Lebih lanjut, Prasetya et al. (2022) menyatakan bahwa pengaturan distribusi tekanan aliran terhadap sudu turbin melalui deflektor dapat memperbaiki kestabilan rotasi dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Namun demikian, kajian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas deflektor aliran pada turbin air terapung, terutama dalam kondisi sungai tropis dengan fluktuasi aliran harian yang tinggi, masih sangat terbatas. Hal ini menjadi celah penelitian yang penting untuk dikaji lebih dalam, mengingat potensi besar penerapan teknologi ini dalam mendukung program elektrifikasi desa berbasis energi terbarukan.

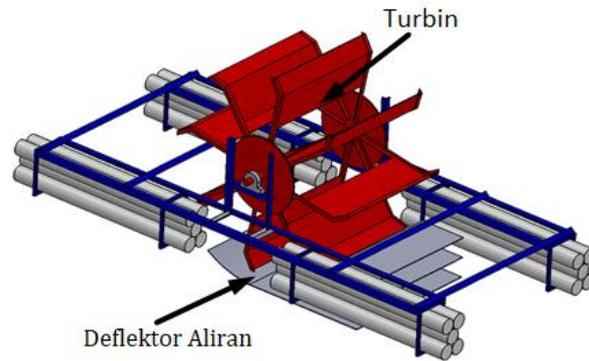
Penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi pengaruh penambahan deflektor aliran terhadap peningkatan kinerja turbin air terapung, khususnya dari aspek kecepatan rotasi turbin, daya keluaran, dan stabilitas operasional sistem. Pendekatan yang digunakan bersifat eksperimental dengan pengujian langsung dalam kondisi aliran alami. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan desain sistem turbin air terapung yang lebih efisien.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan deflektor aliran terhadap kinerja turbin air terapung tipe *undershoot*. Turbin tipe *undershoot* bekerja dengan memanfaatkan aliran air dari bagian bawah sudu untuk menghasilkan putaran. Dalam penelitian ini, turbin dirancang khusus untuk diaplikasikan secara terapung pada permukaan sungai atau kanal air dangkal, dengan konfigurasi pemasangan yang memungkinkan setengah bagian turbin terendam dalam air dan sisanya berada di atas permukaan air.

Turbin yang digunakan dalam penelitian ini berbahan aluminium dengan dimensi diameter 80 cm dan lebar 50 cm. Turbin ini memiliki 12 buah sudu dengan tinggi masing-masing sudu sebesar 20 cm. Rangka turbin dirancang agar dapat mengapung stabil di permukaan air dan memungkinkan rotasi bebas saat menerima tekanan dari aliran air. Untuk mengetahui pengaruh pengarah aliran terhadap performa turbin, dilakukan dua skenario pengujian, yaitu: Turbin tanpa deflektor aliran (kondisi kontrol), dan Turbin dengan deflektor aliran (kondisi perlakuan).

Deflektor aliran yang digunakan merupakan plat aluminium dengan panjang 120 cm dan lebar 60 cm yang dipasang di bawah turbin dengan sudut kemiringan menyesuaikan desain turbin. Deflektor ini berfungsi untuk mengarahkan aliran air agar lebih terfokus ke bagian bawah sudu turbin, sehingga meningkatkan gaya dorong fluida yang bekerja terhadap permukaan sudu.



Gambar 1. Konstruksi Turbin Air Terapung dengan Penambahan Deflektor Aliran

Turbin diletakkan langsung di atas permukaan air dalam saluran uji berarus tetap, di mana setengah bagian turbin terendam air. Aliran air dijaga pada kecepatan konstan menggunakan aliran sungai, Pengujian dilakukan pada satu kecepatan aliran tetap, sehingga pengaruh deflektor dapat diamati secara langsung terhadap variabel kinerja turbin.

Parameter yang diukur dalam penelitian ini meliputi: Kecepatan putaran turbin (n), yang diukur menggunakan tachometer digital dengan satuan rotasi per menit (rpm). Dan Torsi turbin (τ), yang diukur menggunakan metode pembebanan.

Setiap skenario (dengan dan tanpa deflektor) diuji sebanyak tiga kali untuk menjamin validitas dan reliabilitas data. Nilai rata-rata dari masing-masing uji digunakan dalam analisis. Data kecepatan putar dan torsi kemudian dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan antar kondisi perlakuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan deflektor terhadap performa mekanis turbin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan deflektor terhadap efisiensi turbin air terapung tipe undershot pada kondisi kecepatan aliran tetap sebesar 0,8 m/s. Beban mekanik yang digunakan pada kedua kondisi dijaga tetap sebesar 3 kg, dengan tujuan untuk mengisolasi efek perubahan geometri aliran akibat penambahan deflektor terhadap performa putaran turbin. Parameter utama yang diukur secara langsung dalam eksperimen meliputi jumlah beban dan putaran (RPM) turbin. Tabel 1 menyajikan hasil pengukuran rata-rata yang diperoleh secara langsung dari pengujian di lapangan

Tabel 1. Hasil Pengukuran Langsung

Kondisi	Beban (kg)	Diameter Lengan Torsi (cm)	Jari-jari (m)	RPM
Tanpa Deflektor	3	12	0,06	40,15
Dengan Deflektor	3	12	0,06	48,1

Berdasarkan data pengukuran tersebut, dilakukan perhitungan nilai torsi, kecepatan sudut (ω), daya mekanik, serta efisiensi turbin. Karena beban dan jari-jari torsi sama pada kedua kondisi, maka nilai torsi (τ) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\tau = r.(m.g)$$

Kecepatan sudut dihitung berdasarkan nilai RPM dengan rumus:

$$\omega = \frac{2\pi.RPM}{60}$$

Sementara daya mekanik (P) dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \tau.\omega$$

Luas penampang turbin yang terkena aliran air adalah 60 cm x 20 cm = 0,12 m² sehingga daya fluida yang tersedia secara teoritis dengan adalah:

$$P = \frac{1}{2}(\rho)(A).(v)^3$$

Hasil perhitungan daya dan efisiensi dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Turbin

Kondisi	Torsi (Nm)	ω (rad/s)	Daya Mekanik (W)	Daya Fluida (W)	Efisiensi (%)
Tanpa Deflektor	1,77	4,19	7,42	25,6	28,98%
Dengan Deflektor	1,77	5,03	8,9	25,6	34,77%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi sistem meningkat dari 28,98% menjadi 34,77% setelah penambahan deflektor, atau meningkat sebesar 5,79% secara absolut. Peningkatan ini membuktikan bahwa deflektor berperan penting dalam mengarahkan aliran air secara lebih optimal menuju sudu turbin, sehingga meningkatkan interaksi antara fluida dan elemen penggerak utama turbin.

Secara teoritis, efisiensi turbin aliran bebas sangat bergantung pada seberapa besar energi kinetik fluida dapat ditransfer menjadi energi mekanik rotasi (White, 2011). Tanpa deflektor, sebagian aliran cenderung menyebar dan tidak seluruhnya mengenai bidang sudu secara efektif, mengakibatkan rendahnya gaya serang dan kecepatan rotasi. Sebaliknya, kehadiran deflektor menyebabkan aliran menjadi lebih fokus, memperbesar gaya tangensial yang diterima sudu, dan menghasilkan torsi efektif yang lebih tinggi.

Efisiensi yang diperoleh pada pengujian ini masih berada dalam kisaran yang wajar dan sejalan dengan berbagai studi sebelumnya. Wicaksono et al. (2018) melaporkan bahwa efisiensi turbin air terapung tanpa pengarah aliran umumnya berkisar antara 30% hingga 40%. Sementara itu, Prasetya et al. (2022) menunjukkan bahwa penambahan deflektor dapat meningkatkan efisiensi hingga 10–20%, tergantung pada desain dan konfigurasi deflektornya. Dengan efisiensi sebesar 34,77%, sistem turbin yang diuji dalam penelitian ini telah menunjukkan performa yang kompetitif, terutama karena menggunakan desain sederhana dan dapat diimplementasikan dengan mudah pada skala kecil.

Hasil ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam hal optimasi bentuk dan sudut deflektor. Studi Saputra et al. (2020) mengindikasikan bahwa variasi geometri deflektor dapat memengaruhi distribusi tekanan dan karakteristik aliran di sekitar sudu, yang pada akhirnya berdampak pada efisiensi keseluruhan sistem. Oleh karena itu, pendekatan eksperimental yang dilengkapi dengan simulasi numerik seperti Computational Fluid Dynamics (CFD) sangat disarankan untuk memperdalam pemahaman tentang interaksi aliran dan bentuk fisik deflektor.

Dari sisi aplikatif, penggunaan deflektor pada turbin air terapung sangat potensial untuk diterapkan di daerah-daerah pedesaan atau terpencil yang memiliki potensi aliran sungai dengan debit sedang. Dengan investasi yang relatif rendah dan desain yang tidak rumit, sistem ini mampu memberikan kontribusi terhadap pengembangan energi terbarukan berskala kecil di Indonesia maupun di negara-negara berkembang lainnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan deflektor pada turbin air terapung tipe undershot berpengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi konversi energi fluida menjadi energi mekanik. Dalam pengujian dengan kecepatan aliran konstan sebesar 0,8 m/s dan beban tetap 3 kg, deflektor mampu meningkatkan putaran turbin dari 40 rpm menjadi 48 rpm. Meskipun nilai torsi tetap, peningkatan kecepatan sudut menyebabkan daya mekanik yang dihasilkan meningkat dari 7,42 Watt menjadi 8,90 Watt.

Efisiensi sistem juga meningkat dari 28,98% menjadi 34,77%, atau naik sebesar 5,79% secara absolut. Hasil ini mengindikasikan bahwa deflektor efektif dalam mengarahkan aliran air secara lebih terfokus ke permukaan sudu, sehingga memperbesar gaya tangensial dan mengurangi kehilangan energi akibat dispersi dan turbulensi aliran.

Temuan ini mendukung hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pengoptimalan arah aliran melalui perangkat pasif seperti deflektor dapat meningkatkan efisiensi sistem turbin aliran bebas. Dengan desain yang sederhana dan biaya implementasi yang rendah, penggunaan deflektor direkomendasikan untuk diterapkan pada sistem turbin air skala kecil di lingkungan sungai dengan potensi aliran menengah.

Sebagai tindak lanjut, diperlukan penelitian lanjutan dengan mengevaluasi variasi bentuk, sudut kemiringan, dan posisi deflektor, serta penerapan pendekatan numerik melalui simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) guna memperoleh gambaran lebih mendalam terhadap perilaku aliran dan potensi optimasi performa sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Firman, M., & Rendi, R. (2024). Peningkatan Kinerja Turbin Angin Savonius Tipe L dengan Variasi Jarak Overlap. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 8(1), 28–35. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v8i1.1620>
- Prasetya, R., Suryawan, A., & Hidayat, M. (2022). Analisis Pengaruh Pengarah Aliran terhadap Efisiensi Turbin Air Tipe Undershot Skala Kecil. *Jurnal Teknologi Energi*, 14(1), 33–40. <https://doi.org/10.1234/jte.v14i1.567>
- Rendi, R. (2021). Rekayasa Profil Sudu Turbin Hidrokinetik Gorlov untuk Memaksimalkan Performa Turbin. *INFO-TEKNIK*, 24(2). <http://dx.doi.org/10.20527/infotek.v24i2.18079>
- Rendi, R. (2023). Pengaruh Ratio Overlap Sudu terhadap Performa Turbin Air Poros Horizontal Savonius. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 7(1), 28–34. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v7i1.1467>
- Rendi, R., & Arifin, J. (2019). Desain Diffuser Turbin Air Arus Sungai untuk Meningkatkan Laju Aliran Sungai. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2), 62–70. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v4i2.2645>
- Rendi, R., Arifin, J., & Pauzan, M. (2024). Enhanced Performance of the Gorlov Hydrokinetic Turbine through Blade Profile Modification. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 18(1), 19–25. <https://doi.org/10.24853/sintek.18.1.19-25>
- Rendi, R., Hartadi, B., Firman, M., & Irfansyah, M. (2022). Peningkatan Kinerja Rotor Savonius dengan Mengembangkan Sudu Baru Berbasis Airfoil. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(2), 8–15. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i2.1078>
- Rendi, R., Hatradi, B., Irfansyah, M., & Puteri, P. (2021). Desain Underwater Rotor untuk Memanfaatkan Laju Aliran Sungai sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), 77–82. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v5i2.888>
- Saputra, D. A., Nugroho, A. S., & Ramadhan, T. A. (2020). Studi Numerik Desain Deflektor pada Turbin Air untuk Meningkatkan Efisiensi. *Jurnal Rekayasa Mekanika*, 8(2), 112–119. <https://doi.org/10.31289/jrm.v8i2.3456>
- White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Wicaksono, B., Fathoni, M. A., & Putra, R. P. (2018). Rancang Bangun Turbin Air Terapung Tipe Undershot sebagai Pembangkit Listrik Mikrohidro. *Jurnal Energi dan Rekayasa*, 6(2), 45–52. <https://doi.org/10.14710/energi.v6i2.987>