

PENGARUH VARIASI SUDUT *INLET* DAN RASIO TRANSMISI TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI YANG DIHASILKAN TURBIN AIR *VORTEX***Erlangga Adji Wicaksono^{1*}, Danar Susilo Wijayanto¹, Taufik Wisnu Saputra¹**¹ Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Kentingan Jl. Ir. Sutami No.36, Jebres, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126

*Email: erlanggadj@student.uns.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut inlet dan rasio transmisi pulley terhadap daya dan efisiensi turbin air vortex, serta menemukan kombinasi sudut dan rasio transmisi yang menghasilkan daya dan efisiensi terbaik melalui metode eksperimen. Pada bagian turbin, basin yang digunakan berbentuk kerucut dengan ukuran diameter atas 400 mm, diameter bawah 65 mm, dan tinggi 320 mm. Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi sudut inlet 5°, 8°, dan 10° serta variasi rasio transmisi pulley 1:3, 1:4, dan 1:5. Variasi debit air yang digunakan yaitu 35,8 l/min untuk debit paling besar dan 27,8 l/min untuk debit paling kecil. Data yang dikumpulkan adalah performa turbin, meliputi daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin air tipe vortex. Hasil pengujian menghasilkan daya listrik terbesar sebesar 4,86 watt, sedangkan daya listrik terkecil sebesar 0,28 watt. Efisiensi terbesar yang dihasilkan sebesar 11,10%, sedangkan efisiensi terkecil sebesar 2,35%. Daya listrik terbesar dihasilkan oleh konfigurasi sudut inlet 10° dengan rasio transmisi pulley 1:5 pada debit air 35,8 l/min yaitu 4,86 watt. Efisiensi terbesar dihasilkan oleh konfigurasi sudut inlet 10° dengan rasio transmisi pulley 1:3 pada debit air 35,8 l/min yaitu 11,10 %. Hasil dari pengujian menyatakan bahwa semakin besar sudut inlet yang digunakan, semakin besar daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan.

Kata kunci: daya listrik, efisiensi, inlet, transmisi pulley, turbin air vortex

PENDAHULUAN

Saat ini, energi listrik menjadi kebutuhan utama bagi semua lapisan masyarakat, termasuk rumah tangga, industri, dan bisnis (Rosadi and Amar B, 2019). Pada tahun 2022, permintaan listrik di Indonesia mencapai 313 TWh dan diperkirakan meningkat menjadi 479 TWh pada 2033, hal tersebut akan meningkatkan penggunaan sumber energi listrik. Saat ini, sekitar 71% pasokan listrik masih berasal dari bahan bakar fosil seperti batubara, yang menyebabkan masalah pemanasan global dan menipisnya sumber daya (Suharyati, 2023). Oleh karena itu, kebutuhan akan energi listrik ramah lingkungan semakin mendesak, dan energi terbarukan, seperti energi air, menjadi solusi alternatif yang memanfaatkan kekayaan sumber daya alam Indonesia (Nishi *et al.*, 2020).

Topografi Indonesia yang kaya dengan gunung, bukit, sungai, dan danau membuka peluang besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebagai sumber energi alternatif yang dapat menghemat bahan bakar fosil (Rumahorbo and Nursadi, 2023). Selain itu, peningkatan sumber daya manusia dan potensi di daerah terpencil mendukung pengembangan pembangkit listrik skala kecil seperti Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) (Suripto *et al.*, 2023).

PLTPH adalah pembangkit listrik kecil dengan kapasitas kurang dari 5 kW yang menghasilkan listrik dari energi air terjun, sungai, atau irigasi. Air mengalir dengan tinggi jatuh (*head*) tertentu untuk memutar turbin yang terhubung ke generator (Yusmartato *et al.*, 2022). Meskipun potensinya besar, pemanfaatan PLTPH dengan aliran sungai dan *head* rendah masih belum optimal (Pribadyo *et al.*, 2020).

Turbin air mengubah energi kinetik aliran air menjadi energi listrik (Suanggana *et al.*, 2021). Ada dua jenis turbin air yaitu turbin *impuls* dan turbin reaksi. Turbin *impuls* contohnya yaitu turbin *pelton*, cocok untuk aliran rendah dan *head* tinggi. Sedangkan turbin reaksi, seperti turbin *francis*, *kaplan*, dan *vortex*, yang sesuai untuk aliran tinggi dan *head* rendah (Anhar, 2023). Turbin *vortex* ideal untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro di daerah pedalaman dengan aliran sungai kontinu dan *head* rendah (Putra *et al.*, 2020).

Turbin air *vortex* dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibanding turbin reaksi lainnya, seperti konsep yang sederhana yang membuat biaya pemasangannya terjangkau. Selain itu,

tekanan yang dihasilkan relatif rendah, sehingga aman bagi benda dan makhluk hidup di sekitar aliran (Mohan M, 2016). Oleh karena itu, saat ini banyak peneliti yang menaruh perhatian pada pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air kecil untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pedesaan (Edirisinghe *et al.*, 2022).

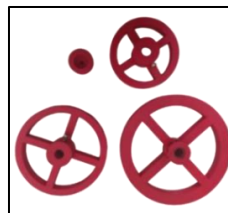
Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi sudut *inlet* terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin air *vortex*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zakariz *et al.*, (2022), pengujian difokuskan pada variasi sudut *inlet* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kecepatan putaran (rpm) turbin. Sementara itu, penelitian tentang turbin air *vortex* yang dilakukan oleh (Hakim and Adiwibowo, 2018) lebih memusatkan pengujian pada pengaruh perbedaan sudut *inlet* yang digunakan terhadap efisiensi turbin yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang membandingkan pengaruh kombinasi variasi sudut *inlet* dan rasio transmisi pada turbin air *vortex*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan oleh prototipe turbin air *vortex* dengan sudut *inlet* sebesar 5° , 8° , dan 10° , serta variasi rasio transmisi *pulley* 1:3, 1:4, dan 1:5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penerapan turbin air *vortex* dalam kehidupan sehari-hari.

METODE PENELITIAN

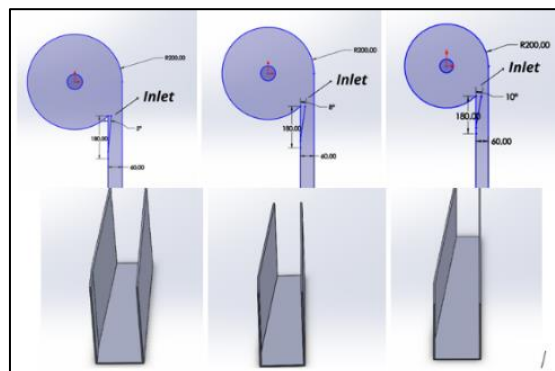
Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data dari literatur yang terkait dengan turbin *vortex*, baik dari jurnal maupun sumber internet. Selain itu, persiapan mencakup penyediaan alat seperti turbin air, variabel penelitian yang digunakan, alat ukur, dan alat pencatat hasil pengukuran

Pembuatan Desain *Inlet* dan Transmisi *Pulley*

Pembuatan *inlet* dan transmisi *pulley* dilakukan menggunakan mesin *3D printing* dengan material filamen *Poly Lactic Acid* (PLA). Setelah desain dibuat menggunakan aplikasi *SolidWorks*, file desain tersebut dikonversi melalui aplikasi *Cura Ultimaker* agar dapat dicetak pada mesin *3D printing*. *Inlet* dibuat dalam tiga variasi sudut, yaitu 5° , 8° , dan 10° , besar sudut diukur dari batas kiri lintasan dengan pangkal tekukan *inlet*, sedangkan transmisi *pulley* dibuat dalam tiga variasi rasio, yaitu 1:3, 1:4, dan 1:5 dengan diameter *driven pulley* 50 mm.



Gambar 1. Variasi Rasio Transmisi *Pulley*



Gambar 2. Variasi Sudut *Inlet*

Instalasi Turbin Air *Vortex*

Rangka pada turbin air *vortex* dibuat menggunakan besi *hollow* dengan dimensi panjang 1554 mm, lebar 1410 mm, dan tinggi 700 mm. *Bed* turbin dibuat menggunakan material plat aluminium dengan tebal 0,9 mm dan jalur lintasan air dibuat menggunakan material plat aluminium dengan tebal 0,35 mm. Sudu turbin berbilah 6, terbuat dari material *Poly Lactic Acid* (PLA) yang dibuat dengan proses *3D printing*. Basin berbentuk kerucut dengan tinggi basin 320 mm, diameter atas basin 400 mm, dan diameter bawah basin 65 mm. Generator yang digunakan dalam penelitian yakni generator tipe GRK 1100K-Z, daya listrik maksimal yang dapat dihasilkan sebesar 100 watt.



Gambar 3. *Prototype Turbin Air Vortex*

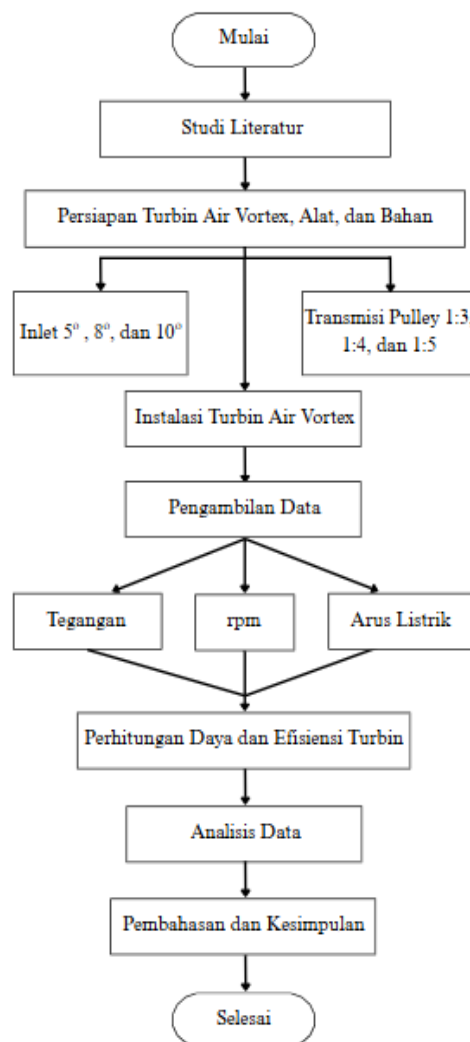
Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama 5 menit dan diperoleh 30 data untuk setiap kombinasi variabel yang digunakan dalam penelitian. Variasi sudut *inlet* yang diuji meliputi 5° , 8° , dan 10° , sedangkan variasi rasio transmisi *pulley* yang digunakan adalah 1:3, 1:4, dan 1:5. Selain itu, variasi debit air yang diuji terdiri dari 35,8 l/min, 35,4 l/min, 34,9 l/min, 34,5 l/min, 34,1 l/min, 33,6 l/min, dan 27,8 l/min.

Parameter yang diukur meliputi tegangan, arus listrik, kecepatan putaran (rpm), daya, dan efisiensi turbin. Pengukuran kecepatan putaran dilakukan menggunakan *tachometer*, sedangkan tegangan dan arus listrik diukur dengan multimeter. Selanjutnya, daya dan efisiensi dihitung berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran tersebut. Semua parameter dicatat secara sistematis untuk setiap kombinasi variabel yang diuji agar dapat dianalisis lebih lanjut.

Analisis Data

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis data menggunakan metode deskriptif komparatif. Penelitian melibatkan proses observasi dan pengukuran, yang kemudian dianalisis dengan membandingkan pengaruh antar variabel yang saling berhubungan. Data yang dikumpulkan adalah performa turbin, seperti daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin air tipe *vortex*. Data tersebut kemudian disusun dalam bentuk tabel, dan pada akhir penelitian, kesimpulan diambil dalam bentuk pernyataan kalimat.



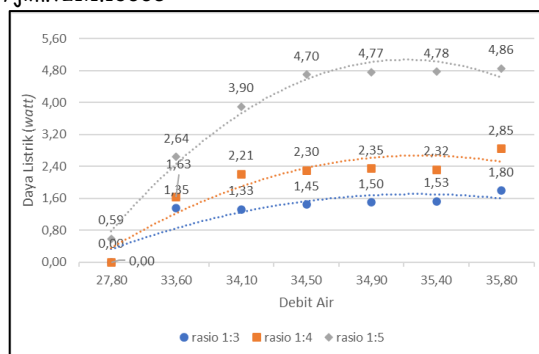
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian pada turbin air *vortex*, hasil dari pengujian turbin air *vortex* berupa daya listrik dan efisiensi turbin yang ditunjukkan pada Gambar 5 s/d Gambar 8.

Daya Listrik

Berdasarkan hasil pengujian, variasi sudut *inlet* dan rasio transmisi *pulley* memiliki pengaruh signifikan terhadap daya listrik yang dihasilkan. Sudut *inlet* 10° menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan sudut 5° dan 8°. Selain itu, rasio transmisi pulley 1:5 menghasilkan daya lebih tinggi dibandingkan rasio 1:4 dan 1:3. Debit air juga memengaruhi daya yang dihasilkan, semakin besar debit air, semakin cepat poros turbin berputar, sehingga daya yang ditransmisikan ke generator juga semakin besar. Daya listrik terbesar dicapai pada kombinasi sudut *inlet* 10° dan rasio transmisi pulley 1:5 dengan debit air 35,8 l/min, yaitu sebesar 4,86 watt. Sebaliknya, daya terkecil terjadi pada kombinasi sudut *inlet* 5°, rasio transmisi pulley 1:3, dan debit 27,8 l/min, yaitu sebesar 0,28 watt. Beberapa kombinasi sudut *inlet*, rasio transmisi *pulley*, dan debit air yang kecil tidak mampu memutar poros turbin karena pusaran air di basin tidak cukup kuat untuk mendorong sudu turbin.

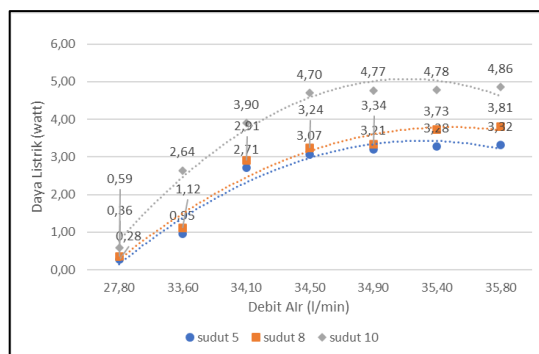


Gambar 5. Konfigurasi Rasio Transmisi *Pulley* terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan

Gambar 5 memperlihatkan hasil pengujian variasi rasio transmisi pulley terhadap daya listrik yang dihasilkan. Dari hasil tersebut, rasio transmisi pulley 1:5 menghasilkan daya listrik tertinggi, yaitu sebesar 4,86 watt, sedangkan rasio transmisi pulley 1:3 menghasilkan daya listrik terendah, yaitu hanya 0,28 watt.

Pada data lapangan, rasio yang memiliki kecepatan rotasi tercepat adalah rasio transmisi pulley 1:3, akan tetapi rasio transmisi pulley 1:5 memiliki diameter dan torsi yang lebih besar dari rasio 1:3 dan 1:4 sehingga membuat *driven pulley* yang berada pada poros generator berputar lebih cepat dan lebih kuat sehingga mampu menghasilkan daya listrik yang lebih besar.

Penelitian yang menggunakan rasio transmisi *pulley* juga sejalan dengan hasil penelitian Abimanyu *et al.* (2022), yang menguji rasio 1:2, 1:4, dan 1:6. Rasio 1:6 memberikan kecepatan putaran poros turbin maksimum 856 rpm dengan daya listrik optimal 31,9 watt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar rasio transmisi yang digunakan, semakin besar daya listrik yang dihasilkan.



Gambar 6. Konfigurasi Sudut *Inlet* terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan

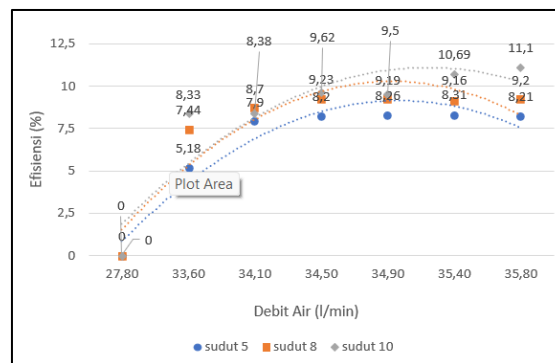
Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian dengan variasi sudut *inlet*. Hasilnya menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan bervariasi tergantung pada sudut *inlet* yang digunakan. Daya listrik tertinggi, yaitu sebesar 4,86 watt, diperoleh pada sudut *inlet* 10°. Sebaliknya, daya listrik terendah, yaitu 0,28 watt, dihasilkan pada sudut *inlet* 5°. Ketika sudut *inlet* air dipersempit, aliran air menjadi lebih terfokus langsung menuju tepi basin. Hal ini dapat meminimalisir tabrakan antara air yang berputar dengan air yang baru masuk ke dalam basin, sehingga akan meningkatkan kecepatan pusaran air, dan putaran sudu turbin juga menjadi lebih cepat. Dengan demikian, daya listrik yang dihasilkan pun bertambah.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zakariz *et al.* (2022), yang menguji performa turbin dengan variasi sudut *inlet* 0°, 17,82°, 19,30°, dan 19,98°, dan menemukan bahwa sudut *inlet* 19,98° menghasilkan kecepatan turbin maksimal 162,7 rpm dengan debit air 7,72 l/s. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut *inlet* meningkatkan kecepatan rotasi turbin dan daya listrik yang dihasilkan, karena pembentukan aliran pusaran yang optimal pada basin kerucut.

Efisiensi Turbin

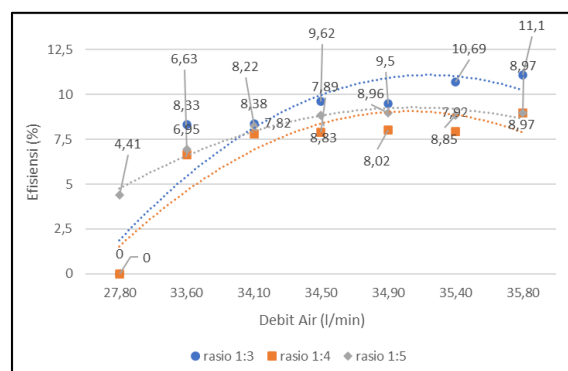
Efisiensi dihitung dengan membandingkan daya turbin terhadap daya potensial air, kemudian dikalikan 100%. Daya turbin diperoleh dari hasil perkalian antara torsi dan kecepatan sudut, sedangkan daya potensial air ditentukan oleh besarnya debit air yang mengalir (Suarda *et al.*, 2023). Berdasarkan pengujian, variasi sudut *inlet* dan rasio transmisi *pulley* berpengaruh pada efisiensi turbin. Sudut *inlet* 10° menghasilkan efisiensi lebih tinggi dibandingkan sudut 5° dan 8°. Rasio transmisi *pulley* 1:3 memberikan efisiensi lebih besar dibandingkan rasio 1:4 dan 1:5. Debit air juga mempengaruhi efisiensi turbin *vortex*, semakin besar debit, efisiensi semakin meningkat.

Beberapa kombinasi sudut *inlet* dan debit tidak mampu memutar poros turbin. Pada rasio 1:3 dengan debit 27,8 l/min, poros tidak berputar untuk semua sudut *inlet* karena pusaran air di basin tidak cukup kuat sehingga efisiensi tidak tercapai. Poros mulai berputar pada debit 33,6 l/min hingga 35,8 l/min. Pada rasio 1:4 dengan debit 27,8 l/min juga tidak mampu memutar poros untuk semua sudut *inlet* karena alasan yang sama. Sebaliknya, pada rasio 1:5, semua debit dapat memutar poros untuk seluruh variasi sudut *inlet* sehingga menghasilkan efisiensi.



Gambar 7. Konfigurasi Sudut *Inlet* terhadap Efisiensi yang Dihasilkan

Pada Gambar 7, efisiensi tertinggi dicapai pada sudut *inlet* 10° dengan debit 35,8 l/min, yaitu 11,10 %, sedangkan efisiensi terendah pada sudut 5° dengan debit 27,8 l/min sebesar 5,18 %. Pada saat penggunaan *inlet* 10°, kecepatan aliran air yang menuju basin mampu menggerakkan poros turbin lebih cepat daripada *inlet* 5° dan 8°. Sehingga menghasilkan efisiensi paling besar. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Esfarizal and Arizona (2023), yang melakukan pengujian dengan variasi sudut *inlet* 0°, 15°, dan 30° pada turbin air *vortex*, dan efisiensi tertinggi diperoleh pada sudut 30° sebesar 20,31%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar sudut *inlet*, semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan.



Gambar 8. Konfigurasi Rasio Transmisi *Pulley* terhadap Efisiensi yang Dihasilkan

Pada Gambar 8 efisien tertinggi didapatkan pada penggunaan rasio transmisi 1:3, yaitu 11,10 % dengan debit 35,8 l/min. Hal ini terjadi karena rasio tranmisi 1:3 berotasi lebih cepat daripada

DOI: <https://doi.org/10.36499/jim.v21i1.13005>

rasio transisi 1:4 dan 1:5. Seperti pada penjelasan di awal, efisiensi turbin tergantung pada daya turbin, dimana daya turbin tergantung dari kecepatan poros berotasi.

Hasil ini didukung oleh penelitian Efriyasika *et al.* (2021), yang membahas efisiensi turbin *vortex* dengan variasi sudut *inlet* tanpa transmisi *pulley*, di mana efisiensi maksimum sebesar 5,29% terjadi pada sudut 8° dengan debit air 32,4 l/min. Dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan rasio transmisi *pulley*, efisiensi maksimum mencapai 11,1% pada rasio 1:3 dengan debit air 35,8 l/min.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, variasi sudut *inlet* dan rasio transmisi *pulley* berpengaruh pada daya dan efisiensi turbin air *vortex*. Semakin besar sudut *inlet*, daya dan efisiensi yang dihasilkan juga meningkat. Rasio transmisi *pulley* 1:5 menghasilkan daya listrik terbesar, sedangkan rasio 1:3 menghasilkan efisiensi tertinggi. Daya listrik maksimum diperoleh pada sudut *inlet* 10° dengan rasio 1:5 dan debit air 35,8 l/min, sementara efisiensi tertinggi pada sudut *inlet* 10° dengan rasio 1:3 dan debit yang sama. Konfigurasi terbaik untuk daya listrik adalah sudut *inlet* 10°, rasio 1:5, dan debit 35,83 l/min, sedangkan untuk efisiensi adalah sudut *inlet* 10°, rasio 1:3, dan debit 35,83 l/min. Penambahan debit air dan pelebaran lintasan diperlukan untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi turbin air *vortex*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, M.R., Gunadi, R.G.G. and Ulfiana, A. (2022) 'Metode Rancang Optimasi PLTPH Turbin Vortex di Danau Universitas Indonesia untuk Pemanfaatan Turbin di Pedesaan', *Jurnal Mekanik Terapan*, 03(01), pp. 8–17. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.32722/jmt.v3i1.4544>.
- Anhar, M. (2023) 'Pembuatan Model Turbin Air dengan Sistem Sirkulasi Tertutup', *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (Jamere)*, 3(2), pp. 76–80. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.52158/jamere.v3i2.609>.
- Edirisinghe, D.S. *et al.* (2022) 'Enhancing the Performance of Gravitational Water Vortex Turbine by Flow Simulation Analysis', *Renewable Energy*, 194, pp. 163–180. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.053>.
- Efriyasika, D., Qiram, I. and Rubiono, G. (2021) 'Tingkat Kekasaran Permukaan Sudu dan Sudut Input Air terhadap Unjuk Kerja Turbin Vortex', *Journal of Science and Technology (JUSTE)*, 1(2), pp. 182–194. Available at: <https://doi.org/10.51135/justevol1issue2page182-194>.
- Esfarizal, A.S. and Arizona, R. (2023) 'Studi Eksperimental Kinerja Turbin Vortex terhadap Perubahan Sudut Kemiringan Saluran Masuk dan Ketinggian Impeller', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2), pp. 73–79.
- Hakim, M.F.R. and Adiwibowo, P.H. (2018) 'Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus dengan Variasi Tinggi Sudu', *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), pp. 85–95.
- Mohanan M, A. (2016) 'Power Generation with Simultaneous Aeration Using a Gravity Vortex Turbine', *International Journal of Scientific dan Engineering Research*, 7(2), pp. 19–24.
- Nishi, Y. *et al.* (2020) 'Loss Analysis of Gravitation Vortex Type Water Turbine and Influence of Flow Rate on The Turbine'S Performance', *Renewable Energy*, 155, pp. 1103–1117. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.03.186>.
- Pribadyo, Hadiyanto, H. and Jamari, J. (2020) 'Simulasi Performa Turbin Propeller dengan Sudut Pitch yang Divariasikan', *Jurnal Mekanova*, 6(1), pp. 54–63. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.35308/jmkn.v6i1.2257>.
- Putra, F.K. *et al.* (2020) 'The Effect of Turbine Level of Model L and Turbine Model S in Gravitation of Water Vortex Plant Power (GWVPP) Based on Cylinder Basin', *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, 4(1), pp. 18–31. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.21070/jeeeu.v4i1.322>.
- Rosadi, M. and Amar B, S. (2019) 'Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Listrik di Indonesia', *Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*, 1(2), pp. 273–286. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jkep.v1i2.6170>.
- Rumahorbo, R.P. and Nursadi, H. (2023) 'Energi Baru Terbarukan Sumber Daya Air: Manfaat dan

- Dampaknya terhadap Lingkungan Hidup’, *Jurnal Darma Agung*, 31(1), pp. 185–202. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i2.2967>.
- Suanggana, D., Manta, F. and Ramadhan, G. (2021) ‘Analisis Jumlah dan Sudut Blade terhadap Kecepatan dan Tekanan Turbin Air Savonius dengan Metode CFD’, *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 5(3), pp. 119–129. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.624>.
- Suarda, M. *et al.* (2023) ‘Kajian Parameter Optimal Desain Turbin Vortex Pada Head Sangat Rendah’, (November), pp. 7–9.
- Suharyati (2023) ‘Outlook Energi Indonesia 2023’, *Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional* [Preprint].
- Suripto, H. *et al.* (2023) ‘Diseminasi Energi Listrik Piko Hidro Sebagai Solusi Alternatif Kelangkaan Energi Listrik Di Desa Terisolir’, *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Aplikasi Teknologi*, 01(02), pp. 45–51.
- Yusmartato *et al.* (2022) ‘Pemanfaatan Aliran Air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH) di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara’, *Journal of Electrical Technology*, 7(1), pp. 25–28.
- Zakariz, N.P., Nugraha, A.T. and Phasinam, K. (2022) ‘Pengaruh Variasi Inlet Notch pada Pembangkit Listrik Piko hidro dengan Metode Eksperimental untuk Mendapatkan Kecepatan Turbin Optimal’, *Jurnal Elektronika, Teknik Elektromedis, dan Informatika Medis*, 4(1), pp. 35–41. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i1.4>.