

Pengaruh sisi aliran masuk terhadap prestasi pompa sebagai turbin dengan jumlah sudu bervariasi

Asral^{a,1}, Ridwan Abdurrahman^a, Leli Deswita^b, Budi Santoso Johan^a,
Muhammad Luthfi^a, Naufal Fadillah^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293

^bJurusan Matematika, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293

¹asral@lecture.unri.ac.id

Abstract. Pump as Turbine (PAT) is an innovative solution in generating small-scale electrical energy in rural areas. However, the performance of PAT is strongly influenced by the impeller configuration, especially the number of blades, which can affect efficiency and electrical output power. Therefore, this study aims to analyze the effect of inflow and variation in the number of impeller blades on the performance of PAT as a picohydro power plant. This research was conducted experimentally in the laboratory using three types of impellers with 9, 10, and 12 blades, respectively. Tests were conducted at valve openings of 50%, 66.6%, 83.3%, and 100%. The test results were then analyzed based on system efficiency, water flow rate, and electricity generated. The results showed that the impeller with 10 blades achieved the highest efficiency, reaching 78% at 100% valve opening, whereas the impeller with 12 blades exhibited the lowest efficiency due to greater water-flow resistance. The highest electrical power is generated by 10 blades, with an output of 258.74 Watts. Thus, selecting the optimal number of blades is crucial to improving the performance of PAT as an efficient and economical renewable energy solution.

Keywords: Pump as Turbine (PAT), Number of Impeller Blades, Picohydro, Efficiency, Renewable Energy

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/jwzr6s38>

PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyebutkan bahwa konsumsi listrik ini akan mengalami kenaikan hingga 6,9% pertahun, dimana kenaikan ini akan terjadi dalam kurun waktu hingga tahun 2029 [1]. Namun, permintaan akan kebutuhan energi listrik ini tidak sebanding dengan ketersediaan sumber energi fosil yang semakin menipis. Sejalan dengan hal tersebut, Indonesia mulai melakukan transisi energi melalui pengembangan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT). Dalam upaya komitmen jangka panjang untuk mewujudkan kemandirian energi nasional, ditetapkan EBT sebesar 31% pada tahun 2030 [2].

Salah satu alternatif energi terbarukan yang cukup menjanjikan adalah energi air, dimana energi air salah satu energi terbarukan yang paling matang [3]. Pemanfaatan energi air semakin relevan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk yang mendorong naiknya permintaan terhadap kebutuhan energi listrik. Untuk memenuhi permintaan tersebut, salah satu alternatif yang potensial adalah pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air berskala kecil atau pikohidro. Di mana, teknologi ini memanfaatkan aliran sungai berdebit rendah sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik [4]. Selain menawarkan biaya instalasi dan operasional yang relatif lebih rendah, sistem

pikohidro juga memiliki dampak lingkungan yang minimal jika dibandingkan dengan pembangkit listrik berskala besar.

Dalam pengembangan sistem pikohidro, salah satu teknologi yang dapat diimplementasikan adalah penggunaan pompa yang dioperasikan sebagai turbin (Pump-Driven Turbine atau PWT). Teknologi ini menawarkan solusi alternatif yang lebih sederhana dan berbiaya investasi lebih rendah dibandingkan dengan turbin konvensional[5]. Selain itu, keunggulan pompa yang digunakan sebagai turbin dibandingkan dengan turbin hidro konvensional adalah lebih hemat biaya, desainnya lebih sederhana dan layak untuk diterapkan. Oleh karena itu, penggunaan PAT untuk sistem pikohidro menjadi solusi yang murah dibandingkan dengan turbin mikrohidro konvensional [6].

Meskipun PAT memiliki berbagai keunggulan, teknologi ini juga memiliki keterbatasan, terutama dalam hal efisiensi, yang umumnya masih tergolong rendah. Berdasarkan praktik lapangan dan literatur yang ada, diketahui bahwa efisiensi PAT biasanya tidak lebih tinggi dari efisiensi pompa ketika digunakan dalam kondisi operasi aslinya [7]. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan mengoperasikan PAT pada titik efisiensi maksimumnya. Namun, tantangan utama terletak pada bagaimana memprediksi kinerjanya saat berada di titik efisiensi terbaik [8]. Untuk itu, salah satu pendekatan

yang dapat dilakukan adalah dengan mengevaluasi pengaruh variasi jumlah sudu terhadap efisiensi PAT.

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Adu et al., (2021) untuk mengkaji dampak sudu *splitter* (*splitter blade*) terhadap kinerja pompa sebagai turbin dengan mempertimbangkan kecepatan putar dan laju aliran yang berbeda. Hasil dari penelitian, data simulasi menunjukkan kesesuaian yang baik dengan hasil eksperimen. Kesalahan deviasi maksimum antara CFD dan uji untuk masing-masing model adalah 5,6%, 2,6%, untuk head dan efisiensi; 7,5% dan 3,6% pada kondisi alir yang berbeda [9].

Penelitian dari Cifuentes et al., (2024) Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja hidrodinamik turbin baling-baling aksial berdiameter 75,3 mm untuk instalasi dalam pipa. Hasil penelitian menunjukkan korelasi negatif antara efisiensi hidraulik turbin dengan jumlah sudunya, yaitu semakin banyak sudunya, efisiensi cenderung menurun. Sebaliknya korelasi positif antara tekanan dan torsi turbin yang berarti peningkatan tekanan berbanding lurus dengan peningkatan torsi keluaran turbin [10].

Penelitian dari Govendan et al., (2019) pompa sentrifugal dikembangkan dengan memvariasikan jumlah sudu tanpa mengubah bagian lainnya, sesuai dengan prosedur industri. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa impeller dengan 8 sudu menghasilkan efisiensi optimum dibandingkan dengan jumlah sudu lainnya [11].

Penelitian dari Ismail et al., (2016) pengaruh jumlah sudu *impeller* terhadap kinerja pompa sebagai turbin. Investigasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamics* (CFD), yaitu *ANSYS CFX*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada jumlah sudu 7 dengan efisiensi tercatat sebesar 76,24%. Tekanan yang dihasilkan berada pada 20,83 meter. Ditemukan bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu, efisiensi dan tekanan pompa sebagai turbin juga meningkat. Namun, penambahan jumlah sudu mengurangi lintasan aliran lintas area (*cross-sectional flow path*), sehingga meningkatkan efek penyumbatan (*blockage effect*) sehingga mengurangi daya bersih yang dihasilkan oleh *impeller* yang berputar [12].

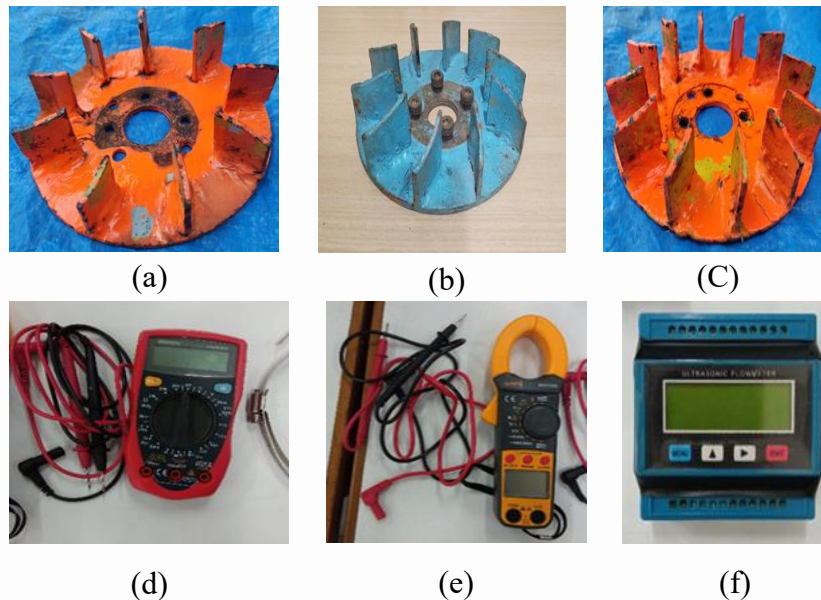
Penelitian yang dilakukan oleh Dwi Aries et al. (2021) mengkaji pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin aliran horizontal dengan variasi jumlah sudu 4, 5, 6, dan 7 buah, masing-masing diuji pada debit 7 L/s, 9 L/s, 11 L/s, dan 13 L/s. Hasil

menunjukkan jumlah sudu 5 dengan debit 13 L/s menghasilkan performa yang terbaik dengan efisiensi sekitar 40% [13]. Begitu juga dengan penelitian Niharman et al. (2024) yang mengkaji pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi turbin Pelton dengan variasi jumlah sudu 9 dan 12. Hasil menunjukkan bahwa sudu 12 menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu sebesar 79% [14].

Meskipun kajian mengenai pengaruh jumlah sudu terhadap performa turbin air telah banyak dilakukan, sebagian besar masih sedikit yang membahas pengaruh jumlah sudu terhadap performa dari pompa yang dioperasikan terbalik sebagai turbin. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aliran masuk terhadap kinerja *Pump-as-Turbine* (PAT) dengan variasi jumlah sudu. Fokus utama adalah mengevaluasi bagaimana debit dengan jumlah sudu *impeller* mempengaruhi efisiensi hidraulik PAT. Melalui analisis tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam aspek ilmiah, untuk mendukung pengembangan dan pemanfaatan teknologi energi terbarukan. Secara khusus, bertujuan untuk mendorong pemanfaatan energi air sebagai sumber listrik yang tidak hanya ekonomis dan ramah lingkungan, tetapi juga berkelanjutan, terutama bagi wilayah-wilayah terpencil dan perdesaan yang belum terjangkau oleh jaringan listrik konvensional.

METODOLOGI

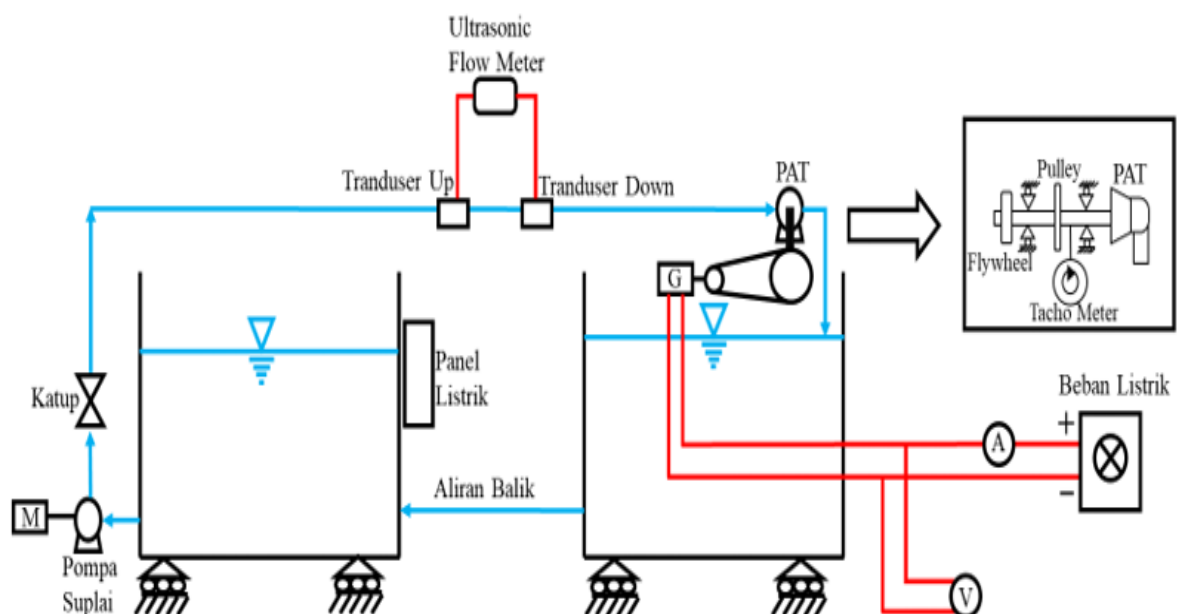
Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja *Pump As Turbine* (PAT). Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi jumlah sudu mulai 9, 10, dan 12, dan dua kondisi operasi, yaitu tanpa beban listrik dan beban listrik dengan memberikan variasi beban sebesar 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, dan 300 watt. Variabel terikat yakni debit (Q), kecepatan putar (n), daya listrik (P) dan efisiensi. Variabel kontrol yang digunakan yaitu jenis pompa penggerak, yakni pompa sentrifugal tipe Drakos Dh/7ar yang digunakan untuk mengalirkan air ke turbin dengan debit yang dapat diatur sehingga turbin dapat berputar secara stabil selama pengujian. Debit aliran diukur menggunakan *ultrasonic flowmeter*. Kecepatan putar diukur menggunakan *tachometer* digital. Daya listrik didapatkan dari hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan multimeter dan *clamp amperemeter*. Efisiensi hidraulik dihitung berdasarkan perbandingan antara daya keluaran listrik dan daya hidraulik.



Gambar 1. Alat dan Bahan (a) Sudu 9, (b) Sudu 10, (c) sudu 12, (d) Multimeter, (e) *Clamp Amperemeter*, (f) *Ultrasonic Flowmeter*

Skema pengujian dimulai dengan mengalirkan air dari *reservoir* menuju pompa utama yang berfungsi sebagai sumber aliran air. Kemudian air diarahkan ke sudu turbin melalui saluran pipa yang dikendalikan oleh katup dengan tingkat bukaan katupnya (50%,

66,6%, 83%, dan 100%). Pada bagian sisi masuk turbin, digunakan *impeller* dengan jumlah sudu yang berbeda. Poros turbin dihubungkan secara langsung ke generator yang selanjutnya mengalirkan energi listrik dengan variasi beban lampu, yakni 30–300 watt.



Gambar 2. Skema Alat Uji

Setiap pengujian di atas, dengan setiap kombinasi jumlah sudu serta bukaan katup, menghasilkan data

berupa debit aliran air (Q), tegangan (V), arus listrik (I), daya keluaran, dan efisiensi turbin (%).

Tabel 1. Spesifikasi Pompa

No	Komponen	Dimensi	Satuan
1	Q max	2200	L/min
2	H max	18.8	m
3	Size	4 x 4	Inch
4	Kapasitas	4	KW
5	Tegangan	380	Volt
6	Frekuensi	50	Hz

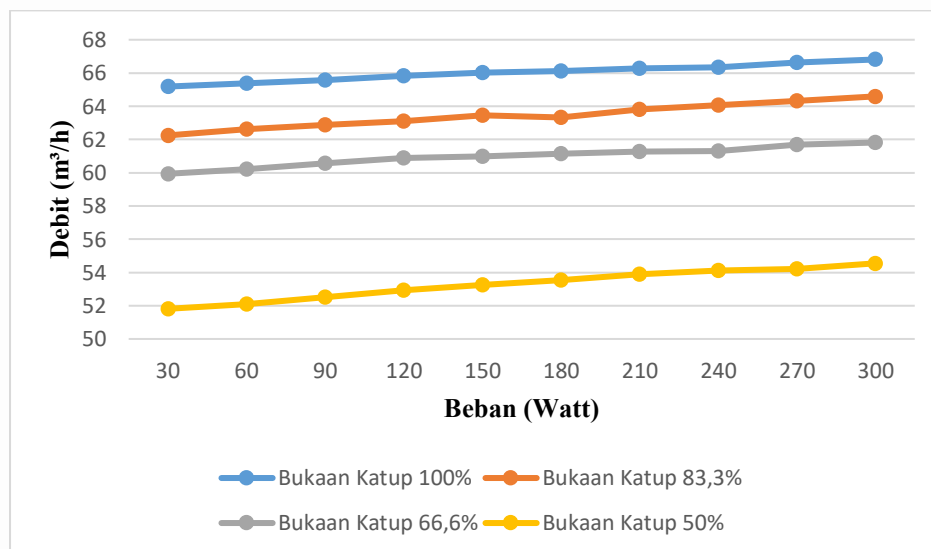
Tabel 2. Spesifikasi Turbin

No	Komponen	Dimensi	Satuan
1	Diameter Sudu	126	mm
2	Volume Reservoir	1.2 x 1.2 x 1.2	mm
3	Diameter Saluran Air	4	inch
4	Diameter Casing	133	mm
5	Diameter Casing	233	mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa debit menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya beban listrik untuk seluruh variasi, menghasilkan nilai tertinggi di antara seluruh variasi, dengan nilai yang meningkat secara bertahap dari 65,185 m³/h pada beban 30 Watt hingga 66,811 m³/h pada beban 300 Watt. Pada bukaan katup 83,3% dan 66,6%, peningkatan debit masih terjadi seiring dengan bertambahnya beban, namun kenaikannya lebih kecil dibandingkan dengan bukaan penuh. Hal ini terjadi saat katup tidak dibuka penuh; jalur air yang bisa lewat

menjadi lebih kecil akibat katup, sehingga kehilangan tekanan (*head loss*) lebih besar sebelum fluida mencapai *impeller*. Bertambahnya beban listrik meningkatkan kebutuhan torsi pada poros, sehingga *impeller* memerlukan suplai energi dari fluida yang lebih besar untuk mempertahankan putaran. Hal ini mendorong terjadinya peningkatan debit, terutama pada kondisi bukaan katup lebih besar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Furqon & Aji (2024), bahwa untuk menghasilkan performa yang optimal, sistem turbin membutuhkan debit aliran fluida yang tinggi melalui bukaan katup yang lebih besar [15].



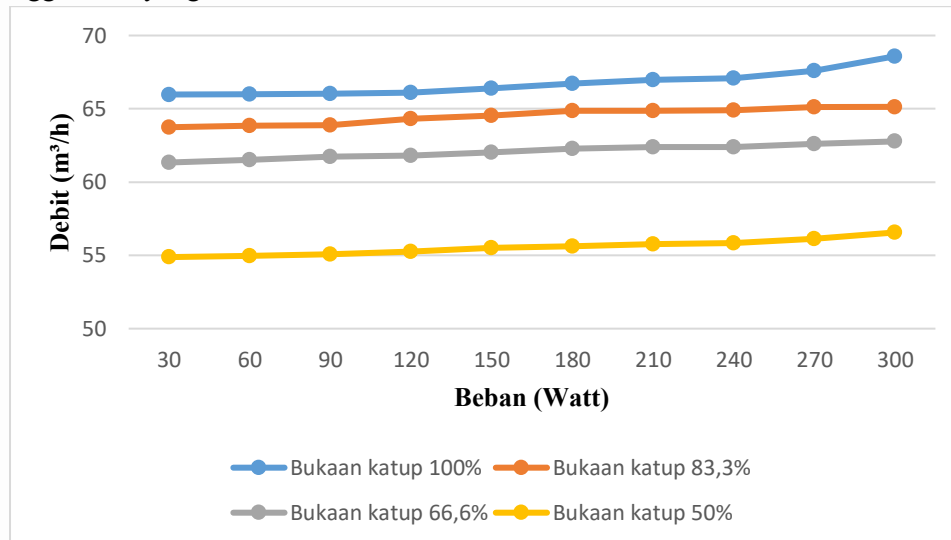
Gambar 3. Hubungan Antara Variasi Bukaan Katup Terhadap Debit Aliran dan Beban Listrik Pada *Impeller* Dengan Jumlah Sudu 9

Gambar 4. dapat lihat bahwa perbedaan nilai debit pada setiap variasi bukaan katup menunjukkan bahwa bukaan katup memiliki peran penting dalam mengatur

jumlah aliran fluida yang masuk ke *impeller*. Pada bukaan katup 83,3%, debit meningkat dari 63,743 m³/h menjadi 65,132 m³/h, sedangkan pada bukaan katup

66,6% debit meningkat dari 61,334 m³/h menjadi 62,774 m³/h. Nilai debit yang lebih rendah dibandingkan dengan bukaan penuh disebabkan oleh terbatasnya luas penampang aliran yang mengalir akibat pengecilan bukaan katup. Hal ini menunjukkan bahwa saat bukaan katup lebih besar, hambatan aliran lebih kecil sehingga debit yang dihasilkan lebih besar.

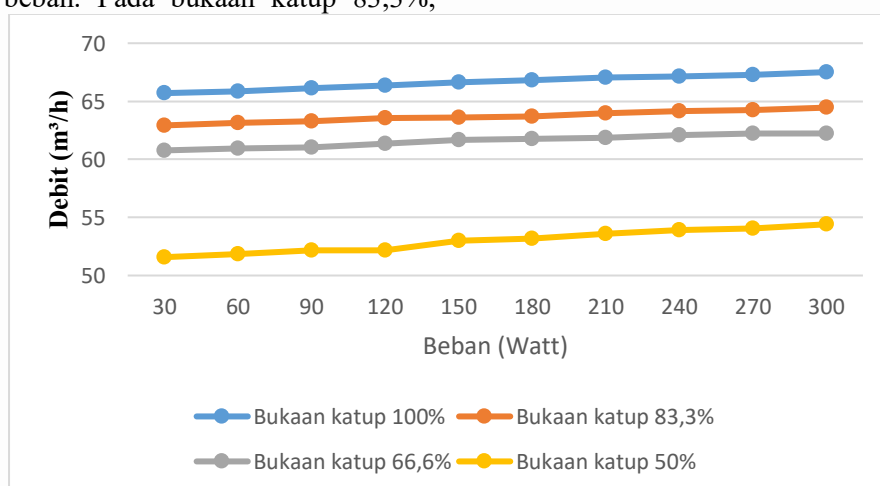
Sementara itu, pada bukaan katup yang lebih kecil, debit tetap meningkat meskipun dalam rentang yang terbatas. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa pengaturan bukaan katup berpengaruh langsung terhadap kemampuan sistem dalam merespons variasi beban.



Gambar 4. Hubungan Antara Variasi Bukaan Katup Terhadap Debit Aliran dan Beban Listrik Pada *Impeller* Dengan Jumlah Sudu 10

Berdasarkan Gambar 5, debit aliran pada *impeller* 12 sudu menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya beban generator pada seluruh variasi bukaan katup. Pada kondisi bukaan katup 100%, debit tercatat sebesar 65,705 m³/h pada beban 30 watt dan meningkat menjadi 67,511 m³/h pada beban 300 watt. Peningkatan debit ini berlangsung secara bertahap dan relatif stabil pada setiap kenaikan beban. Pada bukaan katup 83,3%,

debit meningkat dari 62,924 m³/h pada beban 30 watt menjadi 64,454 m³/h pada beban 300 watt. Sementara itu, pada bukaan katup 66,6%, debit meningkat dari 60,772 m³/h menjadi 62,231 m³/h. Nilai debit ini lebih rendah dibandingkan dengan bukaan katup 100% akibat adanya pembatasan luas penampang aliran efektif yang menyebabkan penurunan energi fluida sebelum mencapai *impeller*.



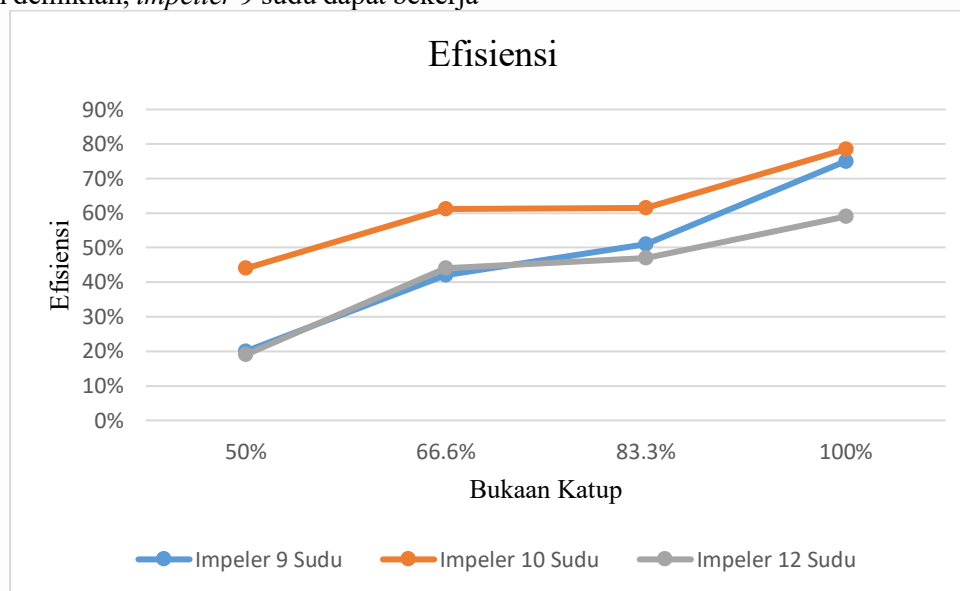
Gambar 5. Hubungan Antara Variasi Bukaan Katup Terhadap Debit Aliran dan Beban Listrik Pada *Impeller* Dengan Jumlah Sudu 12

Gambar 6. Menunjukkan perbandingan efisiensi dari tiga variasi jumlah sudu *impeller* 9, 10, dan 12

pada berbagai tingkat bukaan katup. Hasil menunjukkan bahwa *impeller* dengan jumlah sudu 10

menghasilkan efisiensi tertinggi. *Impeller* 10-sudu memiliki konfigurasi geometri yang bagus, di mana sudu cukup banyak untuk mengarahkan aliran fluida secara optimal. Pada bukaan katup, efisiensi *impeller* 10 sudu mencapai 44%, yang menunjukkan bahwa pada suplai fluida yang terbatas, *impeller* 10 sudu masih mampu mengonversi energi fluida menjadi energi mekanik. Pada *impeller* 9 sudu menunjukkan peningkatan efisiensi yang sangat tajam seiring dengan bertambahnya bukaan katup. Pada kondisi bukaan kecil, sebagian energi aliran fluida tidak termanfaatkan secara optimal karena aliran cenderung tidak mengenai sudu. Dengan demikian, *impeller* 9 sudu dapat bekerja

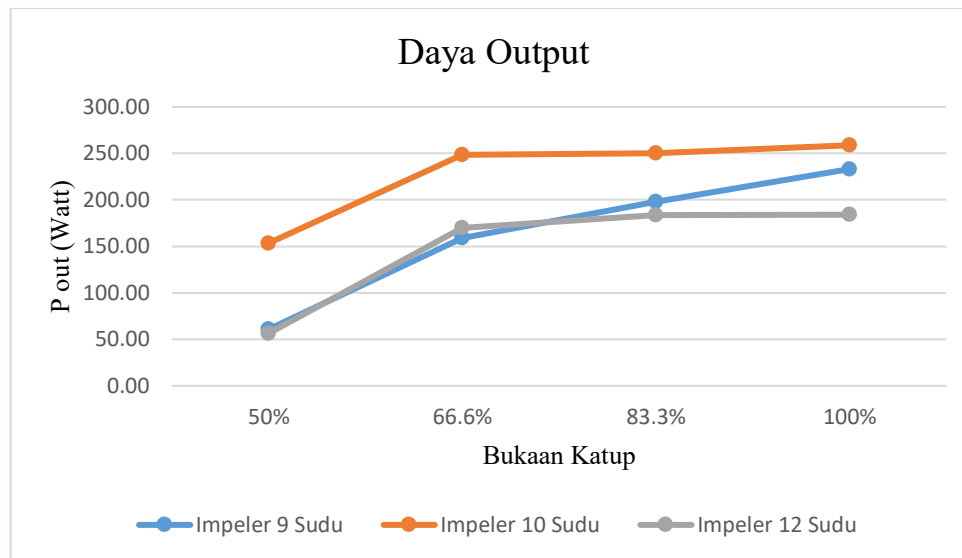
efisien, tetapi hanya pada kondisi suplai fluida yang mencukupi. Berbeda dengan dua variasi lainnya, *impeller* 12 sudu menunjukkan efisiensi yang lebih rendah pada seluruh tingkat bukaan katup, dengan efisiensi maksimum hanya mencapai 59% pada bukaan penuh. Penambahan jumlah sudu yang terlalu banyak menyebabkan penyempitan jalur aliran di dalam *impeller* sehingga meningkatkan gesekan fluida terhadap permukaan sudu dan memperbesar *losses* akibat turbulensi. Hasil ini dapat dinyatakan bahwa penambahan sudu di luar kondisi optimum justru menurunkan kinerja sistem.



Gambar 6. Efisiensi Sistem Turbin Terhadap Variasi Bukaan Katup Menggunakan *Impeller* Dengan Jumlah Sudu 9, 10, dan 12

Gambar 7 menunjukkan bahwa daya keluaran listrik (Pout) pada generator meningkat seiring dengan bertambahnya bukaan katup untuk seluruh variasi *impeller*. *Impeller* 10 sudu menghasilkan daya keluaran tertinggi pada seluruh tingkat bukaan katup, yaitu meningkat dari 153,51 watt pada bukaan 50% hingga mencapai 258,74 watt pada bukaan 100%. Kondisi ini menunjukkan bahwa *impeller* 10 sudu memiliki geometri yang paling optimal. Jumlah sudu

yang cukup memungkinkan aliran fluida diarahkan secara efektif sehingga aliran fluida dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memutar *impeller*.



Gambar 7. Daya Output Terhadap Variasi Bukaas Katup Menggunakan Impeller 9, 10, dan 12

KESIMPULAN

Dari pengaruh aliran masuk terhadap prestasi pompa sebagai turbin dengan jumlah sudu bervariasi, dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu *impeller* dan variasi aliran masuk berpengaruh signifikan terhadap efisiensi dan daya output dari PAT. Di mana *impeller* 10 sudu menunjukkan performa terbaik dengan efisiensi maksimum mencapai 78% dengan daya keluaran 258,74 watt pada bukaas katup 100%. Sebaliknya, *impeller* dengan 12 sudu mengalami penurunan performa yang kemungkinan disebabkan oleh hambatan aliran, sementara itu, *impeller* dengan 9 sudu menunjukkan performa yang fluktuatif tergantung

pada debit alirannya. Ini menunjukkan bahwa jumlah sudu sangat berpengaruh signifikan terhadap kinerja dari *Pump As Turbine* itu sendiri. Oleh karena itu, pemilihan konfigurasi sudu dan pengaturan aliran masuk menjadi kunci dalam meningkatkan kinerja PAT sebagai solusi energi terbarukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih banyak disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Riau (LPPM-UNRI) atas dukungan dana dan pengelolaan hingga terlaksananya kegiatan penelitian dengan No kontrak 8212/UN19.5.1.3/AL.04/2023

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), "Konsumsi Energi Listrik di Indonesia." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250123171002-4-605533/dalam-5-tahun-konsumsi-listrik-ri-diramal-naik-hingga-69>
- [2] L. N. Rahayu dan J. Windarta, "Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA, PLTM, dan PLTMh di Indonesia," *JEBT J. Energi Baru Terbarukan*, vol. 3, no. 2, hal. 88–98, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13327.
- [3] W. O. Mardiana, N. A., & Windari, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," *J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, hal. 186–195, 2024.
- [4] A. L. M. Kamil, Gani Abd. Rais R, dan M. Yasin, "Studi Resistansi Elektroda Desain Dan Implementasi Pembangkit Listrik Skala Picohidro Berbasis Potensi Aliran Sungai Di Dusun Bontula," vol. 3, no. April, hal. 8–15, 2025, doi: <https://doi.org/10.56190/jree.v3i1.48>.
- [5] M. Nurhidayat, "Studi Percobaan Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro," *J. Mhs. Tek.*, vol. 1, no. 4, hal. 1–9, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/737>
- [6] M. Sim, P. Modesto, A. Carravetta, dan H. Ramos, "Flow Conditions for PATs Operating in Parallel : Experimental and Numerical Analyses," hal. 1–19, 2019, doi: 10.3390/en12050901.
- [7] S. Miao, J. Yang, F. Shi, X. Wang, dan G. Shi, "Research on energy conversion characteristic of pump as turbine," vol. 10, no. 4, hal. 1–10, 2018, doi: 10.1177/1687814018770836.
- [8] S. Mejiartono, M. Fathul, dan A. Sukma, "Numerical and Experimental Study of Mixed Flow Pump As Turbine

- For Remote Rural Micro Hydro Power Plant Application,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 13, no. 2, hal. 125–136, 2022, doi: 10.14203/j.mev.2022.v13.125-136.
- [9] D. Adu, J. Du, R. O. Darko, E. Ofosu Antwi, dan M. Aamir Shafique Khan, “Numerical and experimental characterization of splitter blade impact on pump as turbine performance,” *Sci. Prog.*, vol. 104, no. 2, hal. 1–15, 2021, doi: 10.1177/0036850421993247.
- [10] O. D. Monsalve-Cifuentes, S. Velez-Garcia, dan J. D. Revuelta-Acosta, “Influence of Blade Number on the Hydrodynamic Performance of a Propeller-Type Axial Turbine for In-Pipe Installation,” *CFD Lett.*, vol. 16, no. 4, hal. 134–158, 2024, doi: 10.37934/cfdl.16.4.134158.
- [11] N. Govendan, P. S. Kumar, T. N. Anbarasu, dan I. J. antony Raj, “Influence Of Number Of Impeller Blades On The Performance Of Centrifugal Pumps By Using Ansys Software,” *EPRA Int. J. Res. Dev.*, vol. 7838, hal. 164–187, 2019.
- [12] M. A. I. Ismail, A. K. Othman, H. Zen, dan M. S. Misran, “CFD Modelling of Pump as Turbine with Various Number of Blade for Microhydro System,” *J. Appl. Sci. Process Eng.*, vol. 3, no. 1, hal. 17–23, 1970, doi: 10.33736/jaspe.171.2016.
- [13] D. A. Himawanto, A. Nurdin, dan H. Bisri, “Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Pico Bulb Turbine Aliran Horisontal,” *J. Tek.*, vol. 42, no. 2, hal. 236–240, 2021, doi: 10.14710/teknik.
- [14] E. Tonadi, “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan,” *Teknosia*, vol. 15, no. 1, hal. 36–42, 2021, doi: 10.33369/teknosia.v1i1.15390.
- [15] F. Furqan dan F. Aji, “Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Efisiensi Turbin Peltun Dengan 32 Sudu Pada Pltmh,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Energi dan Miner.*, vol. 4, no. 1, hal. 205–212, 2024, doi: 10.53026/prosidingsntem.v4i1.69.