

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO KETINGGIAN SUDU TIPE U SIKU SEJAJAR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

**Kurniawan Mochamad Ilham Rifai**

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: kurniawan.22059@mhs.unesa.ac.id

**Priyo Heru Adiwibowo**

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

### ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan energi listrik mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan, salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Sistem ini memanfaatkan energi air sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan cocok diterapkan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik. Kinerja PLTMH sangat dipengaruhi oleh turbin Pelton, khususnya desain sudu yang berperan dalam menentukan daya dan efisiensi turbin. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin pada sudu tipe U siku posisi sejajar terhadap kinerja turbin Pelton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi rasio sebesar 0; 0,0295; 0,0591; dan 0,0887. Pengujian dilakukan pada turbin Pelton poros horizontal dengan 8 sudu, nozzle berdiameter 25,4 mm, dan jarak semprot 50 mm. Variasi bukaan globe valve 90°, 100°, 110°, dan 120° menghasilkan kapasitas aliran berturut-turut sebesar 0,00229 m<sup>3</sup>/s, 0,00260 m<sup>3</sup>/s, 0,00328 m<sup>3</sup>/s, dan 0,00449 m<sup>3</sup>/s. Parameter yang diamati meliputi daya keluaran dan efisiensi turbin pada berbagai kondisi pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio ketinggian sudu berpengaruh terhadap performa turbin Pelton. Daya maksimum sebesar 41,761 Watt diperoleh pada rasio 0,0295 dengan kapasitas aliran 0,00449 m<sup>3</sup>/s dan beban 50 kg. Efisiensi tertinggi sebesar 37,07% juga dicapai pada rasio 0,0295 dengan kapasitas aliran 0,00229 m<sup>3</sup>/s dan beban 20 kg. Kata kunci: PLTMH, Turbin Pelton, Sudu Tipe U Siku, Rasio Ketinggian Sudu, Daya, Efisiensi.

### *Abstract*

The increasing demand for electrical energy has encouraged the utilization of sustainable renewable energy sources, one of which is the Microhydro Power Plant (MHP). This system utilizes water as an environmentally friendly energy source and is particularly suitable for remote areas that lack access to the electrical grid. The performance of an MHP system is strongly influenced by the Pelton turbine, especially the bucket design, which affects both power output and efficiency. This study aims to investigate the effect of varying the bucket height-to-turbine outer diameter ratio on the performance of a Pelton turbine equipped with parallel-positioned U-angle buckets. An experimental method was conducted in a laboratory using bucket height ratios of 0, 0.0295, 0.0591, and 0.0887. The tests were carried out on a horizontal-axis Pelton turbine with eight buckets, a 25.4 mm nozzle diameter, and a nozzle-to-runner distance of 50 mm. Globe valve openings of 90°, 100°, 110°, and 120° produced flow rates of 0.00229 m<sup>3</sup>/s, 0.00260 m<sup>3</sup>/s, 0.00328 m<sup>3</sup>/s, and 0.00449 m<sup>3</sup>/s, respectively. The observed parameters were turbine output power and efficiency under various loading conditions. The results show that the bucket height ratio significantly affects Pelton turbine performance. The highest output power of 41.761 W was achieved at a ratio of 0.0295 with a flow rate of 0.00449 m<sup>3</sup>/s under a 50 kg load. The maximum efficiency of 37.07% was also obtained at the same ratio with a flow rate of 0.00229 m<sup>3</sup>/s under a 20 kg load.

Keywords: Microhydro Power Plant (MHP), Pelton Turbine, U-Angle Bucket, Bucket Height Ratio, Power Output, Efficiency.

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan mendasar yang mendukung berbagai aktivitas manusia, baik di

sektor rumah tangga maupun industri. Namun, sebagian besar pembangkit listrik masih bergantung pada bahan bakar fosil yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, perubahan iklim, serta risiko krisis energi di

masa mendatang (Alnavis et al., 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi langkah penting untuk mewujudkan sistem energi yang berkelanjutan.

Salah satu sumber EBT yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi air. Pemanfaatannya dapat dilakukan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang mengubah energi potensial dan kinetik aliran air menjadi energi listrik melalui turbin dan generator (Leksana et al., 2023). Pada daerah pegunungan dengan head tinggi dan debit relatif rendah, turbin Pelton menjadi pilihan yang sesuai karena bekerja berdasarkan energi impuls dari pancaran air nozzle.

Kinerja turbin Pelton sangat dipengaruhi oleh desain sudu karena komponen ini berperan dalam menangkap dan mengonversi energi kinetik air menjadi energi mekanik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa modifikasi geometri sudu, jarak nozzle, kelengkungan sudu, serta penambahan pelat pengarah aliran mampu meningkatkan daya dan efisiensi turbin. Selain itu, optimasi dimensi sudu terbukti dapat mengurangi kehilangan energi akibat turbulensi dan percikan air.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengkaji pengaruh variasi ketinggian pelat pada sudu tipe U siku posisi sejajar terhadap daya dan efisiensi turbin Pelton. Modifikasi ini diharapkan mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi jet air, mengurangi kehilangan energi akibat splash, serta menghasilkan desain sudu yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada sistem PLTMH di daerah terpencil.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengkaji pengaruh variasi rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin pada sudu tipe U siku posisi sejajar terhadap daya dan efisiensi turbin Pelton. Pengujian dilakukan secara langsung di laboratorium menggunakan peralatan yang telah disesuaikan dengan kondisi penelitian. Data diperoleh dari setiap variasi rasio yang diuji dengan menjaga parameter operasi, seperti debit aliran dan tinggi head, tetap konstan sehingga pengaruh perubahan rasio ketinggian sudu terhadap performa turbin dapat dianalisis secara objektif, sistematis, dan akurat.

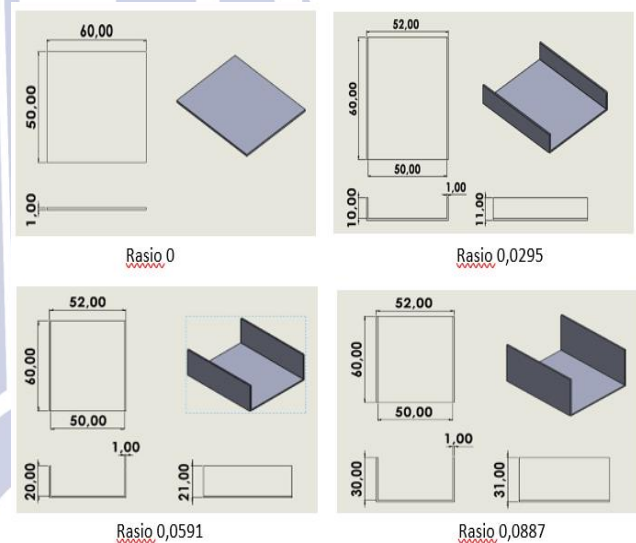
## TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida, Gedung A8 Lantai 2, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Kegiatan penelitian dimulai setelah proposal skripsi disetujui melalui seminar proposal dan dilanjutkan dengan tahap pengujian, pengumpulan data, serta analisis hasil hingga seluruh kebutuhan data penelitian terpenuhi.

## Variabel Penelitian

### Variabel bebas

Pada penelitian ini, variabel independen yang digunakan adalah rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin ( $t/D$ ) pada sudu tipe U siku posisi sejajar. Variasi ketinggian sudu yang diterapkan yaitu 0 mm, 10 mm, 20 mm, dan 30 mm dengan diameter luar turbin tetap sebesar 338 mm, sehingga diperoleh rasio  $t/D$  sebesar 0, 0,0295, 0,0591, dan 0,0887.



Gambar 1. Desain Variasi Sudu

### Variabel Terikat

Pada penelitian ini, variabel terikat yang dianalisis adalah performa turbin Pelton yang ditinjau berdasarkan daya keluaran dan tingkat efisiensi yang dihasilkan pada setiap kondisi pengujian.

### Variabel Kontrol

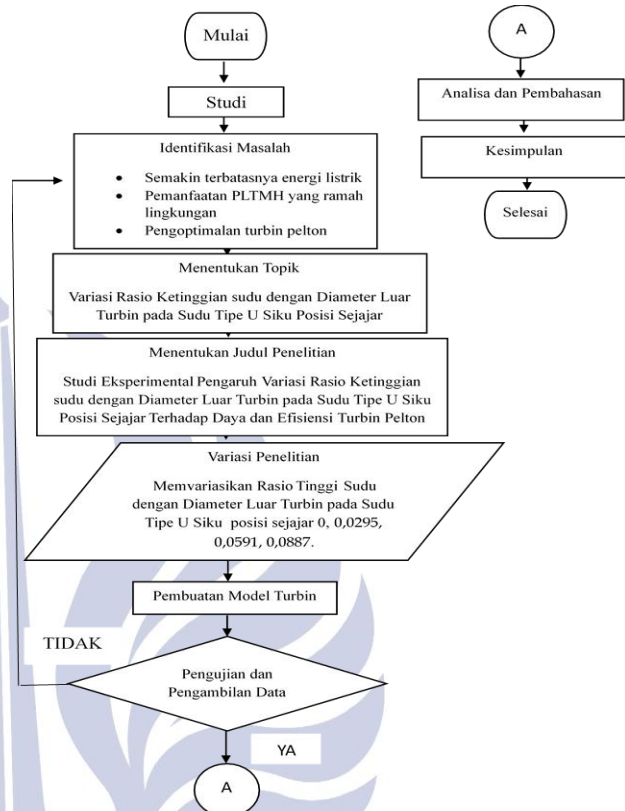
Pada penelitian ini variabel kontrol yang digunakan adalah:

- 1) Penelitian ini membahas prototype turbin pelton dengan poros horizontal.
- 2) Pada penelitian ini hanya memvariasikan rasio ketinggian sudu dengan diameter luar turbin 0, 0,0295, 0,0591, 0,0887 pada sudu tipe U siku posisi Sejajar pada turbin pelton.
- 3) Penelitian ini tidak membahas material yang digunakan pada turbin.

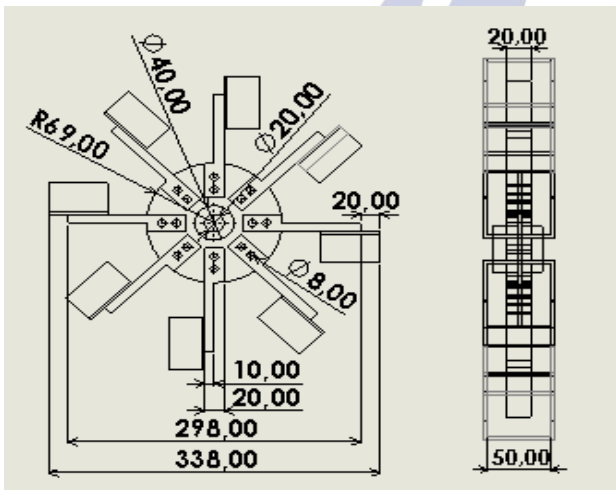
- 4) Penelitian menggunakan bentuk sudu dengan dengan alas berukuran Panjang 60 mm dan lebar 50 mm.
- 5) Penelitian ini menggunakan sudu dengan jumlah 8.
- 6) Pada penelitian ini hanya menggunakan diameter *nozzle* 25,4 mm dan jarak semprot *nozzle* 50 mm.
- 7) Penelitian ini menggunakan kapasitas aliran air pada bukan katup *globe valve* 90° menghasilkan 0,00229 m<sup>3</sup>/s, 100° menghasilkan 0,00260 m<sup>3</sup>/s, 110° menghasilkan 0,00328 m<sup>3</sup>/s dan 120° menghasilkan 0,00449 m<sup>3</sup>/s dan kecepatan aliran sebesar 4,517 m/s, 5,127 m/s, 6,474 m/s, 8,669 m/s.
- 8) Pembebanan dimulai dari 5 kg, 10 kg, 15 kg dan akan bertambah dengan kelipatan 5 kg hingga turbin berhenti.
- 9) Pada penelitian ini menggunakan *prototype* turbin pelton dengan ketinggian (*head*) 3 m.

3. Pipa pembuangan
4. *Pressure Gauge*
5. Nosel
6. Turbin Pelton
9. Beban
10. Bak Penampung Air
11. Rumah Turbin
12. Pipa Hisap

#### Diagram alir penelitian

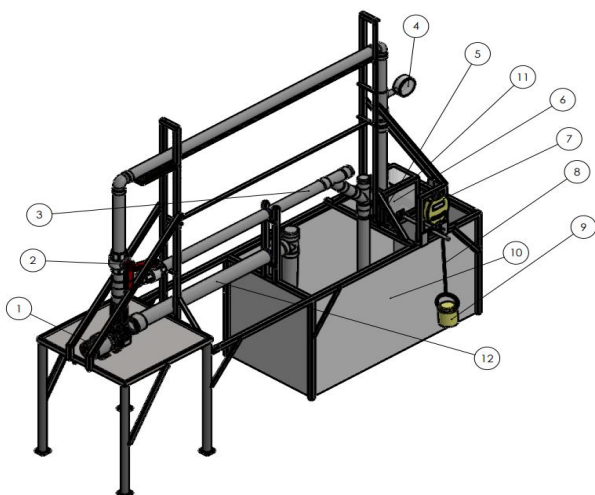


Gambar 4. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Desain Runner

#### Peralatan dan Instrumen Penelitian



Gambar 3. Desain Rancangan PLTMH

1. Pompa
2. Katup
7. Neraca
8. *Prony Brake*

#### Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan melalui pengujian eksperimental dan pengukuran langsung pada objek penelitian. Data hasil pengujian dicatat serta diorganisasikan secara sistematis untuk memudahkan proses analisis. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio ketinggian pelat samping terhadap kinerja turbin Pelton berdasarkan parameter daya keluaran dan efisiensi yang dihasilkan.

#### Teknik Analisa Data

Data hasil pengukuran yang diperoleh selama penelitian akan diolah dan disusun secara sistematis dalam bentuk tabel, kemudian dianalisis melalui perhitungan teoritis serta divisualisasikan dalam bentuk grafik. Penyajian data tersebut bertujuan untuk mempermudah interpretasi hasil penelitian, mengidentifikasi hubungan antarvariabel, serta menjelaskan karakteristik dan fenomena yang muncul selama proses pengujian berlangsung.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Dalam penelitian ini, data diperoleh melalui proses pengukuran dan perhitungan pada parameter yang diteliti. Debit aliran air diukur menggunakan V-Notch Weir, beban ditentukan dengan neraca, sedangkan kecepatan putar turbin diukur menggunakan tachometer. Untuk meningkatkan validitas dan ketelitian data, setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian hasilnya diolah menggunakan persamaan yang sesuai. Data yang telah diperoleh selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik guna mempermudah proses perbandingan serta analisis terhadap setiap variasi pengujian. Berikut penggunaan rumus untuk perhitungan memperoleh data:

▪ **Kapasitas aliran (Q)**

$$Q = C_{wt} \cdot \left(\frac{8}{15}\right) \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot H^{\frac{5}{2}} \dots\dots (1)$$

Dengan:

- Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)
- Cwt = coefficient of weir triangular
- g = Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- θ = Sudut V Notch Weir
- H = Ketinggian (m)

▪ **Luas Penampang Ujung Nozzle (A)**

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \dots\dots (2)$$

Dengan:

- A = Luasan ujung nozzle (m<sup>2</sup>)
- d = Diameter dalam nozzle (m)

▪ **Kecepatan Aliran Air (v)**

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots (3)$$

Dengan:

- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- Q = Debit Aliran Air (m<sup>3</sup>/s)
- A = Luasan Ujung Nossel (m<sup>2</sup>)

▪ **Kecepatan angular/tangensial (ω)**

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots\dots (4)$$

Dengan:

- ω = Kecepatan angular/tangensial (rad/s)
- n = Putaran turbin (rpm).

▪ **Gaya (F)**

$$F = m \cdot g \dots\dots (5)$$

Dengan:

- F = Gaya (N)
- m = Beban (kg)
- g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

▪ **Torsi (T)**

$$T = F \cdot r \dots\dots (6)$$

Dengan:

- T = Torsi (N.m).
- F = Gaya (N).
- r = Lengan / jari – jari (m).

▪ **Daya Turbin**

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots (7)$$

Dengan:

- Pt = Daya turbin (Watt)
- T = Torsi (N.m)
- ω = Kecepatan angular (rad/s)

• **Daya air (Pa)**

Untuk menghitung daya air menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = P_k + P_p \dots\dots (2.7)$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \dots\dots (2.8)$$

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V \dots\dots (2.9)$$

$$P_k = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot v^2 \dots\dots (2.10)$$

$$P_k = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots (2.11)$$

$$P_h = \frac{F}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot g \cdot h}{A} = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots (2.12)$$

$$P_p = Q \times P_h \dots\dots (2.13)$$

Dengan:

- Pa = Daya air (watt)
- Pp = Daya Potensial (watt).
- Pk = Daya kinetik (watt).
- A = Luas ujung nozzle (m<sup>2</sup>)
- v = Kecepatan aliran (m/s)
- Q = Kapasitas aliran turbin (m<sup>3</sup>/s)
- Ph = Tekanan Hidrostatik (N/m<sup>2</sup>)
- ṁ = Laju Aliran Massa (Kg/s)

▪ **Efisiensi Turbin (η)**

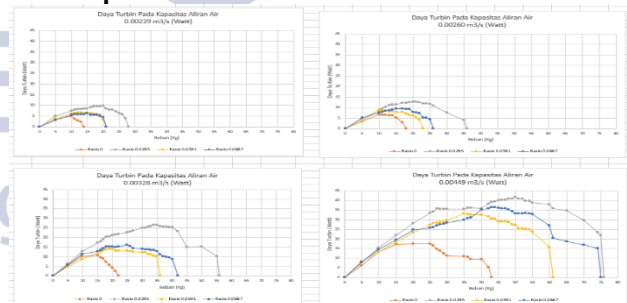
$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\% \dots\dots (2.11)$$

Dengan:

- η = Efisiensi turbin
- Pt = Daya turbin (Watt)
- Pa = Daya air (Watt)

**Pembahasan**

**A. Perbandingan Daya Turbin Pelton Variasi Rasio Ketinggian Sudu dengan Diameter Luar Turbin pada Sudu Tipe U Siku Posisi**



**Gambar 5.** Grafik Daya Turbin pada Setiap Kapasitas Aliran Air

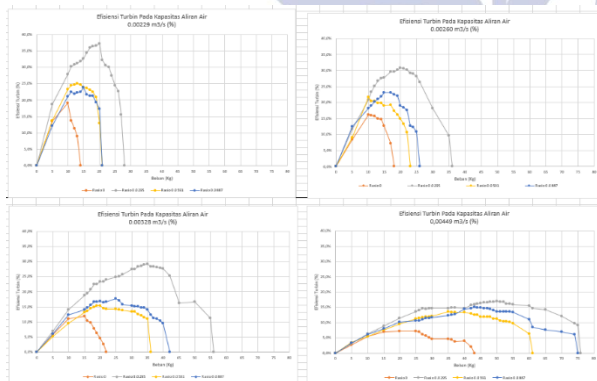
Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin Pelton memengaruhi daya yang dihasilkan. Pada seluruh variasi debit, rasio 0,0295 menghasilkan daya tertinggi, sedangkan rasio 0 menghasilkan daya terendah. Daya maksimum penelitian diperoleh pada debit 0,00449 m<sup>3</sup>/s sebesar 41,761 Watt dengan beban 50 kg. Peningkatan debit aliran juga terbukti meningkatkan daya turbin karena momentum

jet air yang lebih besar mampu meningkatkan putaran runner dan transfer energi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Adiwibowo (2024) yang menyatakan bahwa daya turbin meningkat seiring bertambahnya debit aliran. Selain itu, rasio 0,0295 menunjukkan performa lebih baik dibandingkan rasio 0,0591 dan 0,0887 karena mampu mengarahkan jet air ke sudu secara lebih efektif sehingga transfer momentum berlangsung optimal. Temuan ini juga sesuai dengan penelitian Adhikari et al. (2021) yang menjelaskan bahwa peningkatan kedalaman bucket hanya efektif hingga titik optimum, sedangkan kedalaman berlebih dapat menimbulkan turbulensi dan kehilangan energi.

Berdasarkan teori segitiga kecepatan, rasio 0,0295 memungkinkan konversi kecepatan jet air menjadi kecepatan keliling sudu berlangsung lebih efektif, sehingga kerugian energi akibat turbulensi dapat diminimalkan. Sebaliknya, rasio yang terlalu kecil atau terlalu besar menyebabkan aliran kurang optimal dan menurunkan efektivitas transfer energi. Oleh karena itu, rasio 0,0295 menjadi konfigurasi paling optimum dalam penelitian ini.

## B. Perbandingan Efisiensi Turbin Pelton Variasi Rasio Ketinggian Sudu dengan Diameter Luar Turbin pada Sudu Tipe U Siku Posisi Sejajar



**Gambar 6.** Grafik Efisiensi Turbin pada Setiap Kapasitas Aliran Air

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin Pelton memengaruhi efisiensi turbin. Rasio 0,0295 menghasilkan efisiensi tertinggi pada seluruh variasi debit, sedangkan rasio 0 memberikan efisiensi terendah. Efisiensi maksimum penelitian diperoleh sebesar 37,07% pada debit 0,00229 m<sup>3</sup>/s dengan beban 20 kg. Pada debit yang lebih besar, efisiensi cenderung menurun meskipun daya turbin meningkat.

Efisiensi dihitung dari perbandingan daya keluaran turbin terhadap daya hidrolis. Tingginya efisiensi pada rasio 0,0295 menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut paling efektif dalam memanfaatkan energi aliran air. Rasio

yang terlalu kecil belum mampu mengoptimalkan transfer energi, sedangkan rasio yang terlalu besar memicu turbulensi, percikan aliran, dan kehilangan energi sehingga efisiensi menurun.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa debit yang lebih rendah menghasilkan efisiensi lebih tinggi karena aliran air lebih stabil dan interaksi jet air dengan sudu berlangsung lebih optimal. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Adiwibowo (2024) yang menyatakan bahwa kualitas interaksi aliran fluida dengan sudu sangat menentukan efisiensi turbin Pelton. Debit yang terlalu besar dapat menyebabkan ketidakstabilan aliran dan menurunkan efektivitas konversi energi.

Selain itu, rasio 0,0295 memberikan kesesuaian terbaik antara kecepatan jet air ( $C_1$ ) dan kecepatan keliling sudu ( $U_1$ ), sehingga transfer energi kinetik menjadi energi mekanik berlangsung lebih efektif dengan kerugian energi yang kecil. Temuan ini mendukung penelitian Adhikari et al. (2021) yang menjelaskan bahwa peningkatan dimensi sudu hanya efektif hingga titik optimum tertentu. Jika melebihi kondisi optimum, aliran cenderung membentuk vortex dan turbulensi yang meningkatkan kehilangan energi. Oleh karena itu, rasio 0,0295 dapat dianggap sebagai konfigurasi paling optimum dalam penelitian ini.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya tertinggi yang dihasilkan turbin Pelton pada penelitian ini diperoleh pada rasio ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin sebesar 0,0295, yaitu mencapai 41,761 Watt pada kapasitas aliran air 0,00449 m<sup>3</sup>/s dengan pembebanan 50 kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rasio 0,0295 merupakan konfigurasi geometris yang paling optimal dibandingkan variasi rasio lainnya. Pada rasio yang terlalu besar, aliran jet air cenderung mengalami turbulensi saat berinteraksi dengan sudu sehingga proses transfer energi menjadi kurang efektif. Sebaliknya, pada rasio yang terlalu kecil, sebagian energi aliran tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal karena banyak aliran yang tidak tertangkap oleh sudu. Rasio 0,0295 mampu menghasilkan keseimbangan yang baik antara kecepatan absolut jet air ( $C_1$ ), kecepatan keliling sudu ( $U_1$ ), dan kecepatan relatif aliran ( $V_1$ ), sehingga transfer momentum berlangsung lebih efektif dan menghasilkan daya keluaran yang maksimum.
2. Efisiensi maksimum turbin diperoleh pada rasio 0,0295 dengan nilai sebesar 37,07% pada kapasitas aliran air 0,00229 m<sup>3</sup>/s dan pembebanan 20 kg. Nilai

tersebut menunjukkan bahwa rasio 0,0295 memberikan kemampuan terbaik dalam mengonversi energi hidrolik menjadi energi mekanik. Tingginya efisiensi yang dicapai menunjukkan bahwa daya turbin yang dihasilkan memiliki perbandingan paling besar terhadap daya air yang tersedia dibandingkan variasi rasio lainnya. Kondisi ini dipengaruhi oleh kesesuaian antara kecepatan jet air ( $C_1$ ) dan kecepatan sudu ( $U_1$ ) yang menghasilkan kecepatan relatif ( $V_1$ ) mendekati kondisi optimum. Akibatnya, proses transfer energi dari aliran air ke sudu berlangsung lebih efektif dengan kehilangan energi yang lebih kecil, sehingga efisiensi turbin meningkat secara signifikan.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi ketinggian sudu terhadap diameter luar turbin pada sudu tipe U siku posisi sejajar, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi sudut bukaan pada sudu tipe U siku posisi sejajar guna memperoleh konfigurasi geometris yang lebih optimal dalam meningkatkan kinerja turbin Pelton.
2. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan beban aktual, seperti lampu atau generator listrik, sehingga performa turbin dapat dievaluasi dalam kondisi yang lebih representatif terhadap penerapan di lapangan.
3. Penggunaan sistem pengukuran putaran berbasis Arduino yang terintegrasi dengan komputer atau laptop direkomendasikan untuk mendukung proses akuisisi data secara otomatis, sehingga akurasi, konsistensi, dan efisiensi pengambilan data dapat ditingkatkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, N., Pandey, A., Subedi, A., & Subedi, N. (2021). *Design of Pelton Turbine and Bucket Surface using Non-Uniform Rational Basis Spline and its Analysis with Computational Fluid Dynamics*. *Journal of the Institute of Engineering*, 16(1), 41–50. <https://doi.org/10.3126/jie.v16i1.36534>
- Aditama, H. D., & Adiwibowo, P. H. (2023). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jarak Nozzle Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton Hanun Damar Aditama Priyo Heru Adiwibowo Abstrak. *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, 11(02), 81–88.

Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(2), 119–139.

<https://doi.org/10.61511/jimese.v1i2.2024.544>

Arifin, M. & Adiwibowo, P. H. (2019). Tunggal Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Pelton Muhammad Arifin Priyo Heru Adiwibowo Abstrak, 11(02), 55–64.

Erazo, J., Barragan, G., Pérez-Sánchez, M., Tapia, C., Calahorrano, M., & Hidalgo, V. (2022). *Geometrical Optimization of Pelton Turbine Buckets for Enhancing Overall Efficiency by Using a Parametric Model—A Case Study: Hydroelectric Power Plant “Illuchi N2” from Ecuador*. *Energies*, 15(23). <https://doi.org/10.3390/en15239052>

Fatmalia, E., Yuliansari, D., & Gatama, F. G. (2025). Pelatihan Pembuatan Biogas dengan Biodigester Skala Rumah Tangga di Dusun Borok Desa Darmaji Kecamatan Kopang Kabupaten Lombok Tengah. 2(7), 3732–3735.

Leksana, R., Widodo, B., Silalahi, E. M., & Nempung, J. I. (2023). Perancangan Pembangkit Listrik Mikrohidro 30 Kw Untuk Suplai Listrik Area Wisata di Desa Girimulyo Ngargoyoso, Karang Anyar, Jawa Tengah. *Lektrokom : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(1), 46–53. <https://doi.org/10.33541/lektrokom.v6i1.5004>

Liona, Y., & Adiwibowo, P. H. (2023). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Kelengkungan Sudu Berpenampang Lengkung Posisi Sejajar Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, 11(03), 19–26.