

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO TINGGI PELAT SAMPING DENGAN DIAMETER LUAR TURBIN PELTON TIPE SUDU PELAT L TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI

Moch Firdaus Muttaqi

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

Email: mochfirdaus.22104@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

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

Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik di tengah keterbatasan sumber energi fosil mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Turbin Pelton merupakan turbin impuls yang sesuai untuk kondisi head tinggi dengan debit relatif kecil. Kinerja turbin Pelton sangat dipengaruhi oleh desain sudu, sehingga diperlukan pengembangan geometris untuk meningkatkan daya dan efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin Pelton tipe sudu pelat L terhadap daya dan efisiensi turbin. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan turbin Pelton berporos horizontal dengan delapan sudu. Variasi tinggi pelat samping sebesar 0 mm, 10 mm, 20 mm, dan 30 mm diterapkan pada diameter luar turbin 338 mm, sehingga diperoleh rasio 0; 0,0295; 0,0591; dan 0,0887. Pengujian dilakukan pada kapasitas aliran 0,00229 m³/s, 0,0026 m³/s, 0,00328 m³/s, dan 0,00449 m³/s dengan kecepatan aliran masing-masing 4,517 m/s, 5,127 m/s, 6,474 m/s, dan 8,867 m/s. Aliran air diarahkan melalui nosel berdiameter 25,4 mm dengan jarak semprot 50 mm, serta pembebahan bertahap hingga turbin berhenti berputar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya maksimum sebesar 43,70 W diperoleh pada rasio 0,0591 pada kapasitas aliran 0,00449 m³/s dengan pembebahan 30 kg. Efisiensi tertinggi sebesar 33,60% dicapai pada rasio 0,0295 pada kapasitas aliran 0,00229 m³/s dan pembebahan 10 kg. Turbin tanpa pelat samping menghasilkan performa terendah. Penambahan pelat samping terbukti meningkatkan kinerja turbin Pelton secara signifikan.

Kata kunci: Turbin Pelton, Sudu Pelat L, Pelat Samping, Daya, Efisiensi, PLTMH.

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy amid the limited availability of fossil fuel resources has encouraged the utilization of renewable energy sources, one of which is Microhydro Power Plants (MHPP). The Pelton turbine is an impulse-type turbine that is suitable for high-head conditions with relatively low discharge. The performance of a Pelton turbine is strongly influenced by blade design; therefore, geometric modifications are required to improve power output and efficiency. This study aims to analyze the effect of the side plate height-to-outer diameter ratio of a Pelton turbine equipped with L-shaped plate blades on turbine power and efficiency. The research was conducted experimentally in a laboratory using a horizontal-shaft Pelton turbine with eight blades. Side plate heights of 0 mm, 10 mm, 20 mm, and 30 mm were applied to a constant turbine outer diameter of 338 mm, resulting in ratios of 0, 0.0295, 0.0591, and 0.0887. The tests were performed at flow rates of 0.00229 m³/s, 0.0026 m³/s, 0.00328 m³/s, and 0.00449 m³/s, with corresponding flow velocities of 4.517 m/s, 5.127 m/s, 6.474 m/s, and 8.867 m/s. Water was supplied through a nozzle with a diameter of 25.4 mm and a jet distance of 50 mm, while the load was applied incrementally until the turbine ceased rotation. The results indicate that the maximum power output of 43.70 W was achieved at a ratio of 0.0591 under a flow rate of 0.00449 m³/s with a load of 30 kg. Meanwhile, the highest efficiency of 33.60% was obtained at a ratio of 0.0295 under a flow rate of 0.00229 m³/s with a load of 10 kg. The turbine without side plates exhibited the lowest performance. The addition of side plates was proven to significantly enhance Pelton turbine performance.

Keywords: Pelton turbine, L-shaped plate blade, side plate, power, efficiency, MHPP.

PENDAHULUAN

Energi listrik memegang peranan penting dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Meskipun demikian, pemerataan akses listrik di Indonesia hingga saat ini masih menghadapi tantangan, terutama di wilayah pedalaman dan

daerah terpencil. Kendala utama meliputi kondisi geografis yang sulit dijangkau serta tingginya biaya pembangunan jaringan listrik konvensional, sehingga diperlukan solusi penyediaan energi yang mandiri dan berkelanjutan.

Pemanfaatan energi terbarukan skala kecil, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), menjadi alternatif yang layak untuk mengatasi

permasalahan tersebut. PLTMH memiliki keunggulan berupa konstruksi sederhana, biaya operasi yang relatif rendah, serta kemampuan memanfaatkan potensi air setempat dengan dampak lingkungan yang minimal. Dengan kondisi geografis Indonesia yang didominasi pegunungan, sungai, dan curah hujan tinggi, potensi energi air nasional sangat besar, namun tingkat pemanfaatannya masih tergolong rendah. Oleh karena itu, pengembangan PLTMH sejalan dengan kebijakan nasional dalam meningkatkan kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT) dan mendorong kemandirian energi di wilayah pedesaan.

Dalam sistem PLTMH, turbin air berperan sebagai komponen utama yang menentukan kinerja pembangkitan. Pada kondisi head tinggi dan debit relatif kecil, turbin Pelton menjadi pilihan yang paling sesuai. Kinerja turbin Pelton sangat dipengaruhi oleh desain sudu dan konfigurasi aliran, karena sudu berfungsi mengonversi energi kinetik pancaran air menjadi energi mekanik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa modifikasi geometris sudu, pengaturan nosel, serta jumlah sudu memberikan pengaruh signifikan terhadap daya dan efisiensi turbin.

Sudu tipe pelat L dinilai memiliki potensi pengembangan lebih lanjut, salah satunya melalui penambahan pelat samping untuk meningkatkan pemanfaatan momentum aliran dan mengurangi kehilangan energi. Namun, kajian eksperimental yang secara khusus membahas pengaruh rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin Pelton masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara eksperimental pengaruh variasi rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin Pelton tipe sudu pelat L terhadap daya keluaran dan efisiensi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan desain turbin Pelton yang efisien, sederhana, dan aplikatif untuk sistem PLTMH di daerah pedesaan dan terpencil.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antara variasi rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin Pelton dengan kinerja turbin, khususnya daya dan efisiensi. Melalui pendekatan ini, pengaruh setiap variasi rasio terhadap performa turbin dapat diamati secara langsung..

TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

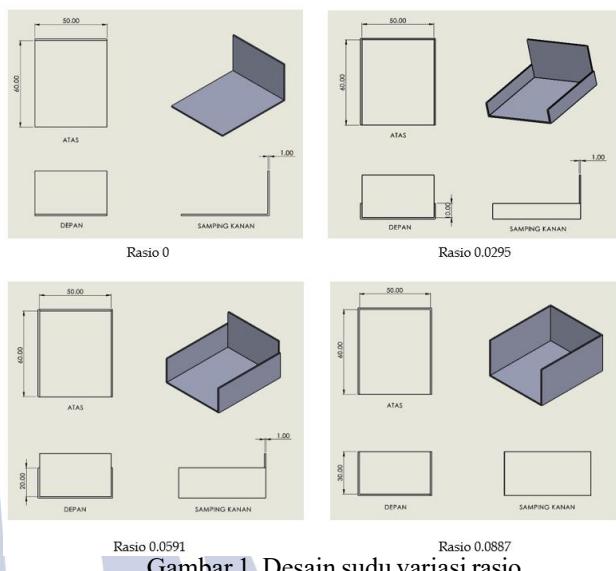
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida, Gedung A8 Lantai 2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, setelah proposal skripsi disetujui melalui seminar. Kegiatan penelitian berlangsung hingga seluruh data eksperimen dan analisis yang dibutuhkan berhasil diperoleh secara lengkap..

Variabel Penelitian

Variabel bebas

Penelitian ini menggunakan variabel bebas yang diperoleh melalui perbandingan panjang pelat samping pada sudu plat L dengan diameter turbin. Hasilnya

menghasilkan empat variasi rasio, yaitu rasio 0, rasio 0,0295, rasio 0,0591, dan rasio 0,0887.



Gambar 1. Desain sudu variasi rasio

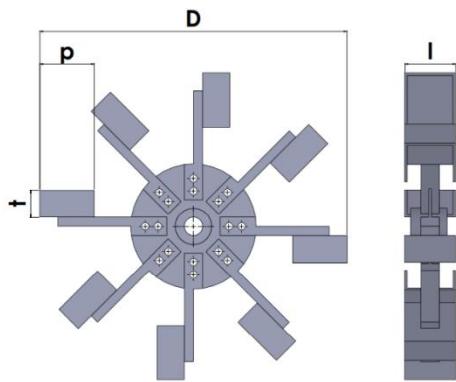
Variabel Terikat

Dalam penelitian ini, variabel terikat yang diamati adalah kinerja turbin Pelton, yang mencakup daya yang dihasilkan serta efisiensinya.

Variabel Kontrol

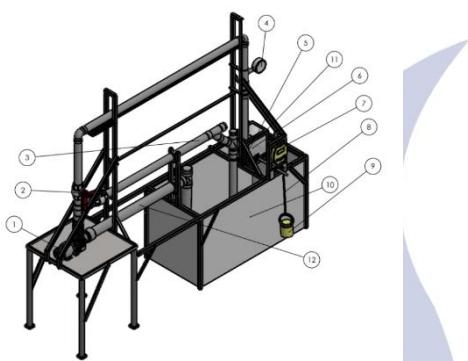
Dalam penelitian ini, variabel kontrolnya adalah sebagai berikut :

1. Nosel yang digunakan berdiameter 25,4 mm dengan jarak semprot tetap 50 mm.
2. Turbin yang digunakan merupakan prototipe turbin Pelton dengan konfigurasi poros horizontal.
3. Sudu yang digunakan adalah sudu tipe pelat L dengan panjang ujung sudu 30 mm dan dilengkapi pelat samping.
4. Jumlah sudu pada turbin Pelton ditetapkan sebanyak delapan buah.
5. Jenis material komponen turbin tidak menjadi variabel yang dibahas dalam penelitian ini.
6. Pembebanan dilakukan secara bertahap mulai dari 10 kg dan ditingkatkan hingga turbin berhenti berputar.
7. Kapasitas aliran air divariasikan sebesar 0,00229 m³/s, 0,0026 m³/s, 0,00328 m³/s, dan 0,00449 m³/s dengan kecepatan aliran masing-masing 4,517 m/s, 5,127 m/s, 6,474 m/s, dan 8,867 m/s.
8. Variasi yang diteliti dibatasi pada rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin (t/D), yaitu 0, 0,0295, 0,0591, dan 0,0887.



Gambar 2. Desain Runner

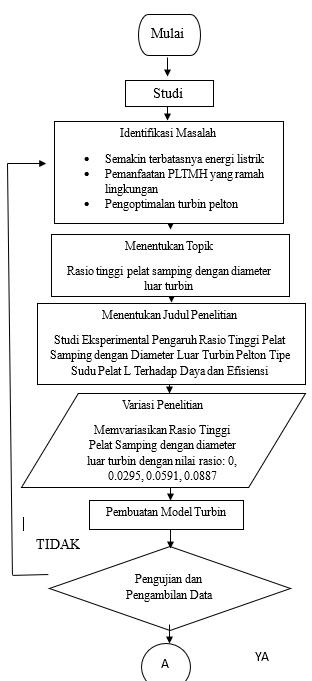
Peralatan Eksperimen dan Instrumen Penelitian



Keterangan :

1. Pompa
2. Katup (Globe Valve)
3. Pipa Pembuangan
4. Pressure Gauge
5. Nosal
6. Turbin Pelton
7. Neraca Pegas
8. Prony Brake
9. Beban
10. Bak Penampung
11. Rumah Turbin
12. Pipa Hisap

Diagram alir penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data penelitian ini, dilakukan pengukuran dan pengujian secara langsung terhadap objek yang dianalisis, kemudian seluruh hasil yang diperoleh dicatat secara sistematis. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mendokumentasikan setiap temuan dengan rapi, sehingga data yang terkumpul dapat digunakan secara akurat untuk menganalisis pengaruh variasi rasio tinggi pelat samping terhadap kinerja turbin Pelton, baik dari segi daya maupun efisiensi.

Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan menggunakan alat ukur, kemudian dicatat dalam tabel dan dihitung secara teoritis. Hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah interpretasi dan pemahaman. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai kinerja optimal perangkat serta menjelaskan hubungan antara berbagai variabel dengan fenomena yang terjadi selama proses pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran dan perhitungan. Kapasitas aliran air diukur menggunakan Digital Flowmeter, beban ditentukan dengan neraca, dan putaran turbin dicatat menggunakan tachometer. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan keakuratan hasil, kemudian dihitung menggunakan rumus yang relevan. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga memudahkan perbandingan dan analisis antar variasi yang digunakan dalam penelitian. 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^3/s)
- C_{wt} = coefficient of weir triangular
- g = Gravitasi (m/s^2)
- θ = Sudut *V Notch Weir*
- H = Ketinggian (m)

- Luas Penampang Ujung Nozzle (A)

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

Dengan:

- A = Luasan ujung nozzle (m^2)
- d = Diameter dalam nozzle (m)

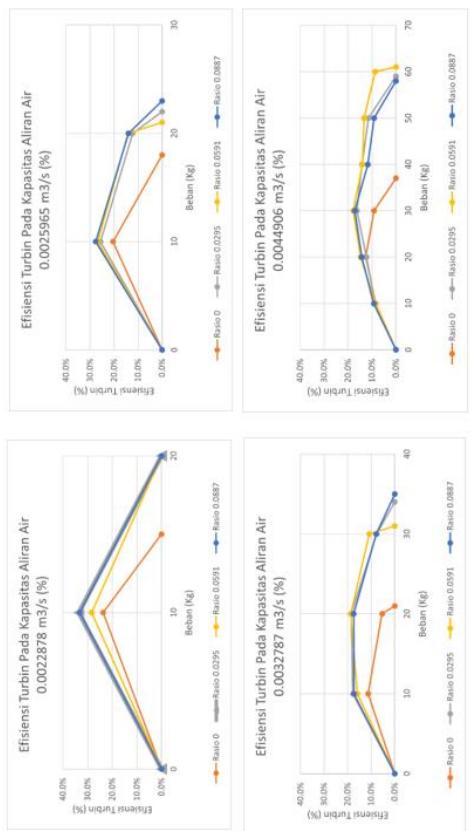
- Kecepatan Aliran Air (v)

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

Dengan:

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

B. Perbandingan Efisiensi Turbin *Pelton* Variasi Rasio Tinggi Pelat Samping Dengan diameter Luar Tipe Sudu Pelat L



Gambar 6. Grafik Efisiensi Turbin Pada Setiap Kapasitas Aliran Air

Berdasarkan Gambar 6, variasi rasio tinggi pelat samping terhadap diameter luar turbin Pelton berpengaruh signifikan terhadap efisiensi turbin pada berbagai kapasitas aliran. Efisiensi tertinggi dicapai pada rasio 0,0295 dengan debit 0,00229 m³/s sebesar 33,60%, sedangkan pada debit 0,0026 m³/s efisiensi maksimum diperoleh pada rasio 0,0887 sebesar 27,65%. Untuk debit yang lebih besar, yaitu 0,00328 m³/s dan 0,00449 m³/s, efisiensi tertinggi masing-masing dicapai pada rasio 0,0591 sebesar 18,71% dan 17,86%. Secara keseluruhan, efisiensi maksimum penelitian ini terjadi pada rasio 0,0295 pada debit terendah, yaitu 0,00229 m³/s dengan pembebanan 10 kg. Berdasarkan analisis segitiga kecepatan, kesesuaian antara debit aliran dan tinggi pelat samping pada rasio tersebut mampu mengarahkan aliran secara optimal sehingga interaksi antara kecepatan absolut, relatif, dan kecepatan keliling sudu menjadi lebih efektif. Sebaliknya, turbin tanpa pelat samping menghasilkan efisiensi terendah akibat aliran yang kurang terfokus, sehingga perubahan momentum dan gaya tangensial yang dihasilkan menjadi lebih kecil.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan tentang rasio tinggi pelat samping dengan diameter luar turbin, maka dapat diberikan saran yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai visualisasi proses aliran air yang menabrak sudu rasio tinggi pelat samping dengan diameter luar turbin pada setiap variasi dan bukaan katup.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pembebanan aktual, seperti beban listrik (lampu), agar kinerja turbin pelton, dapat dievaluasi secara lebih aplikatif dan mendekati kondisi operasional nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, H. D., & Adiwibowo, P. H. (2023). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JARAK NOZZLE TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN PELTON. *Jurnal Teknik Mesin Unesa*, 11(02), 81–88.
- Barragan, G., Atarihuana, S., Cando, E., & Hidalgo, V. (2025). Enhancing Hydraulic Efficiency of Pelton Turbines Through Computational Fluid Dynamics and Metaheuristic Optimization. *Algorithms*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/a18010035>
- Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON. 06, 1–2.
- Isa, M. A., Sudjono, P., Sato, T., Onda, N., Endo, I., Takada, A., Muntalif, B. S., & Ide, J. (2021). Assessing the sustainable development of micro-hydro power plants in an isolated traditional village west java, indonesia. *Energies*, 14(20), 1–13. <https://doi.org/10.3390/en14206456>
- Oktaviano, D., & Adiwibowo, P. H. (2023). PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU MANGKOK GANDA TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON PADA PLTMH.
- Pambudi, N. A., Firduas, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., Salsabila, M. S., Suharno, & Sukatiman. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032342>
- Rahayu, L. N., & Windarta, J. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Pengembangan PLTA dan PLTMH di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(2), 88–98. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13327>
- Sihombing, G., & Suwarno, S. (2021). PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN OF GRID di DAERAH TERPENCIL INDONESIA. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 16(2), 40. <https://doi.org/10.30587/e-link.v16i2.3027>
- Sofyan, M., & Sudana, I. M. (2022). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi

- Listrik. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, Dan Elektronika Terapan*, 3(2), 31–39. <https://doi.org/10.22146/juliet.v3i2.64410>
- Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 124–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10036>
- Tria Melati, L., Supriyadi, I., & Ali, Y. (2022). Strategi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini/Mikro Hidro di Indonesia. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 91–99. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1319>
- Yani, A., Irianto, I., Triyatno, J., Fitria, F., & Sobah, S. (2020). Blade Shape Analysis on The Performance of The Pelton Turbine Prototype. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 7(1), 50–55. <https://doi.org/10.31963/intek.v7i1.2055>

