

Pengaruh Variasi Diameter Nozel dan Debit Air Terhadap Kinerja Turbin Air Pelton

Rido Mochamad^{*1}, Sudarno², Wahidin Nuriana³, Muhammad Hasan Basri⁴
^{1,2,3,4}Universitas Merdeka Madiun

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun

e-mail: yoridho11@gmail.com, sudarno@unmer-madiun.ac.id, nuriana@unmer-madiun.ac.id, hasanbasri@unmer-madiun.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi diameter nozel dan debit air terhadap daya serta efisiensi turbin pelton. Variasi diameter nozel yang digunakan yaitu 6 mm, 8 mm, dan 10 mm dengan debit air 10 Lpm, 12,5 Lpm, 15 Lpm, dan 17,5 Lpm. Parameter yang diamati meliputi putaran turbin, daya turbin, dan efisiensi turbin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan debit air cenderung meningkatkan daya turbin pada setiap variasi nozel. Daya tertinggi diperoleh pada diameter nozel 8 mm dengan debit 17,5 Lpm sebesar 4,37 watt. Sementara itu, efisiensi tertinggi diperoleh pada diameter nozel 8 mm dengan debit 10 Lpm sebesar 1,81%.

Kata Kunci: turbin pelton, diameter nozel, debit air, daya turbin, efisiensi.

Abstract: This study aimed to analyze the effect of nozzle diameter variation and water discharge on the power and efficiency of a pelton turbine. The nozzle diameters used were 6 mm, 8 mm, and 10 mm, while the water discharge variations were 10 Lpm, 12,5 Lpm, 15 Lpm, and 17,5 Lpm. The observed parameters included turbine rotational speed, turbine power, and turbine efficiency. The results showed that increasing the water discharge tended to increase the turbine power for all nozzle variations. The highest turbine power was obtained at the 8 mm nozzle diameter with a discharge of 17,5 Lpm, reaching 4,37 Watts. Meanwhile, the highest efficiency was achieved at the 8 mm nozzle diameter with a discharge of 10 Lpm, reaching 1,81%.

Keywords: pelton turbine, nozzle diameter, water discharge, turbine power, efficiency

Perkembangan teknologi energi terbarukan mendorong pemanfaatan energi air sebagai salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Energi air memiliki potensi besar untuk dikembangkan karena tersedia secara melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik skala kecil maupun besar. Salah satu teknologi konversi energi air yang banyak digunakan yaitu turbin air, dimana energi kinetik fluida diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros untuk menggerakkan generator listrik. Pemanfaatan turbin air dinilai lebih efisien dan ekonomis dalam mendukung kebutuhan energi berkelanjutan, khususnya pada wilayah dengan potensi sumber daya air yang memadai[1,2].

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls yang bekerja berdasarkan tumbukan pancaran air berkecepatan tinggi terhadap sudu turbin. Turbin ini umumnya diaplikasikan pada kondisi head tinggi dengan debit aliran relatif kecil. Prinsip kerja turbin pelton yaitu memanfaatkan energi kinetik air yang keluar melalui nozel dan diarahkan menuju bucket atau sudu sehingga menghasilkan gaya impuls yang mampu memutar runner turbin. Kinerja turbin pelton dipengaruhi oleh beberapa parameter penting seperti diameter nozel, debit aliran, tekanan air, bentuk sudu, serta kecepatan putaran turbin[3].

Diameter nozel memiliki peranan penting dalam menentukan karakteristik pancaran air yang menuju sudu turbin. Perubahan diameter nozel dapat mempengaruhi kecepatan aliran dan debit air yang keluar sehingga berdampak terhadap daya yang dihasilkan turbin. Diameter nozel yang terlalu kecil dapat menyebabkan aliran debit menjadi terbatas, sedangkan diameter yang terlalu besar dapat menyebabkan energi air tidak terserap secara maksimal oleh sudu turbin. Oleh karena itu,

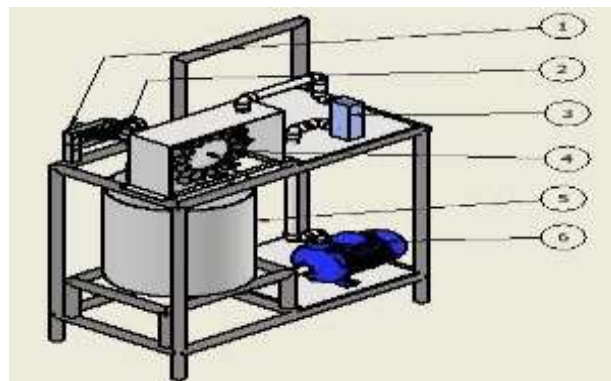
diperlukannya ukuran diameter nozel yang sesuai agar proses transfer energi kinetik dari fluida menuju runner dapat berlangsung secara maksimal[4,5].

Selain diameter nozel, debit aliran juga menjadi parameter penting yang mempengaruhi performa turbin pelton. Semakin besar debit aliran, maka energi kinetik air yang diterima sudu turbin akan meningkat sehingga daya turbin cenderung bertambah. Namun demikian, peningkatan debit aliran yang terlalu besar dapat menimbulkan turbulensi dan menurunkan efisiensi kinerja turbin. Oleh sebab itu, diperlukannya pengujian untuk mengetahui hubungan antara variasi debit aliran dan daya turbin sehingga dapat diperoleh kondisi operasi yang optimal[6,7].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi diameter nozel dan debit aliran berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin. Akan tetapi hasil penelitian yang diperoleh masih menunjukkan adanya perbedaan karakteristik performa pada setiap konfigurasi pengujian. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi diameter nozel dan debit aliran terhadap daya turbin pelton. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang lebih optimal dan efisien.

METODE

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh variasi diameter nozel dan debit air terhadap kinerja turbin pelton. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan melalui pengujian turbin pelton menggunakan beban sebesar 200 gram sebagai parameter pembebanan dan head aliran air setinggi 2,74 meter. Setiap nozel dipasang secara bergantian pada ujung pipa aliran air, kemudian debit diatur menggunakan katup kontrol dan diukur menggunakan flow meter. Parameter yang diamati meliputi putaran turbin (rpm), torsi, daya, dan efisiensi turbin. Pengukuran RPM dilakukan menggunakan tachometer digital, sedangkan torsi diukur menggunakan timbangan digital yang terhubung dengan sistem pronny brake. Setiap kombinasi pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh data yang akurat. Data hasil pengujian dicatat dalam bentuk tabel dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh perubahan diameter nozel dan debit air terhadap performa turbin pelton.



Gambar 1 Turbin Pelton

Tabel 1 Tools Turbin Pelton

No	Keterangan Gambar
1	Generator
2	<i>Pully</i>
3	Flow Meter
4	Sudu
5	Bak Penampung
6	Pompa

Tabel 2 Variabel dan Variasi Penelitian

No.	Variabel	Variasi
1	Diameter Nozel	6 mm
		8 mm
		10 mm
2	Debit Air	10 Lpm
		12,5 Lpm
		15 Lpm
		17,5 Lpm

Data hasil pengujian yang diperoleh dari variasi diameter nozel dan debit air kemudian diolah menggunakan perhitungan daya dan efisiensi turbin untuk mengetahui tingkat kinerja turbin pelton pada setiap variasi pengujian. Perhitungan tersebut digunakan untuk menganalisis kemampuan turbin dalam mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik, sehingga dapat diketahui kombinasi diameter nozel dan debit air yang menghasilkan performa turbin paling optimal.

Persamaan Daya Turbin

$$P \tag{1}$$

Persamaan Efisiensi

$$\eta = \frac{\text{Daya Turbin}}{\text{Daya Hidrolis}} \times 100\% \tag{2}$$

Keterangan :

P : Daya Turbin (Watt).

T : Torsi (Nm)

ω : Kecepatan Angular (rad/s)

η : Efisiensi (%)

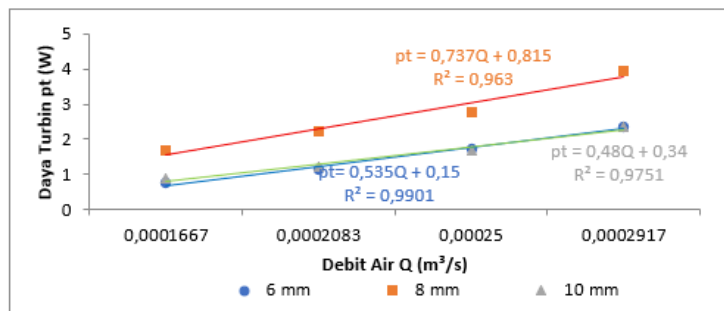
.HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada gambar grafik 2, terlihat bahwa peningkatan debit aliran memberikan pengaruh terhadap kenaikan daya turbin pada seluruh variasi diameter nozel, pada diameter nozel 8 mm diperoleh nilai daya turbin tertinggi dibandingkan variasi lainnya, dengan daya maksimum mencapai sekitar 3,95 W pada debit 0,0002917 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa diameter nozel 8 mm mampu menghasilkan pancaran aliran air yang lebih optimal sehingga energi kinetik air dapat ditransfer dengan lebih efektif ke sudu turbin. Sementara itu, pada diameter nozel 6 mm dan 10 mm, nilai daya turbin cenderung lebih rendah. Diameter nozel yang terlalu kecil menyebabkan debit air yang keluar menjadi terbatas sehingga energi yang diterima sudu turbin berkurang, sedangkan diameter nozel yang terlalu besar mengakibatkan pancaran air kurang focus dan energi tidak terserap secara maksimal oleh runner turbin.

Nilai persamaan regresi linear pada masing – masing variasi menunjukkan hubungan positif antara debit air dan daya turbin. Diameter nozel 6 mm memiliki persamaan regresi $y = 0,535x + 0,15$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9901$, diameter nozel 8 mm memiliki persamaan regresi $y = 0,737x + 0,815$ dengan nilai $R^2 = 0,963$, sedangkan nozel 10 mm memiliki persamaan regresi $y = 0,48x + 0,34$ dengan nilai $R^2 = 0,9751$. Dari masing – masing nilai yang dimiliki oleh setiap nozel menunjukkan bahwa debit air memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap daya turbin. Semakin besar debit aliran, maka energi kinetik air yang diterima sudu turbin juga meningkat, sehingga daya yang dihasilkan turbin cenderung mengalami kenaikan.

Pengaruh Variasi Diameter Nozel dan Debit Air

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan debit aliran dan pemilihan diameter nozel yang sesuai dapat meningkatkan performa turbin pelton, terutama pada parameter daya dan efisiensi turbin. Diameter nozel yang optimum mampu mneghasilkan kecepatan pancaran air yang lebih stabil sehingga proses transfer energi menuju sudu turbin berlangsung lebih efektif[8].

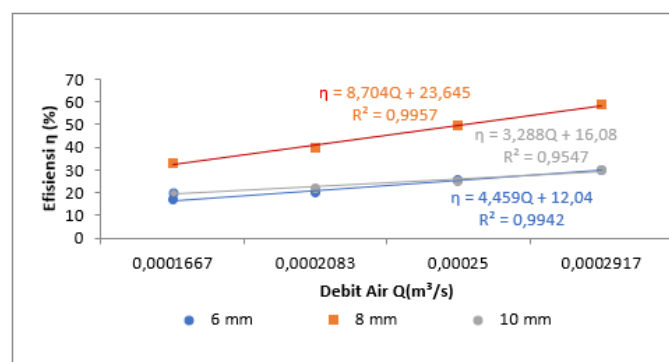


Gambar 2 Variasi Debit Air Terhadap Daya turbin

Berdasarkan gambar grafik 3 terkait variasi debit terhadap efisiensi turbin, menunjukkan bahwa peningkatan debit aliran menyebabkan nilai efisiensi turbin mengalami kenaikan pada seluruh variasi diameter nozel. Diameter nozel 8 mm menghasilkan efisiensi tertinggi dibandingkan variasi lainnya, dengan nilai efisiensi maksimum mencapai sekitar 59% pada debit 0,0002917 m³/s. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diameter nozel 8 mm mampu manghasilkan pancaran air yang lebih optimal sehingga energi kinetik air dapat dimanfaatkan secara lebih efektif oleh sudu turbin. Sementara itu, pada diameter nozel 6 mm dan 10 mm diperoleh nilai efisiensi yang lebih rendah. Diameter nozel yang terlalu kecil menyebabkan debit aliran yang masuk ke sudu menjadi terbatas, sedangkan diameter nozel yang terlalu besar menyebabkan energi aliran air tidak sepenuhnya terserap oleh sudu turbin sehingga efisiensi menurun.

Persamaan regresi linier pada grafik menunjukkan hubungan positif antara debit air dan efisiensi turbin. Diameter nozel 6 mm memiliki persamaan regresi $y = 4,459x + 12,04$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9942$, diameter nozel 8 mm memiliki persamaan regresi $y = 8,704x + 23,645$ dengan nilai $R^2 = 0,9957$, sedangkan diameter nozel 10 mm memiliki persamaan regresi $y = 3,288x + 16,08$ dengan nilai $R^2 = 0,9547$. Dilihat dari masing – masing nilai yang dimiliki oleh setiap nozel, menunjukkan bahwa debit air memberikan pengaruh yang sangat kuat terhadap efisiensi turbin. Semakin besar debit aliran yang diberikan, maka energi kinetik air yang diterima sudu turbin semakin meningkat, sehingga proses konversi energi berlangsung maksimal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa variasi debit air dan diameter nozel berpengaruh signifikan terhadap efisiensi turbin pelton. Diameter nozel yang sesuai mampu menghasilkan kecepatan pancaran air yang stabil dan terarah sehingga energi air dapat dikonversi menjadi energi mekanik secara lebih efektif. Selain itu, peningkatan debit air pada kondisi optimum juga mampu meningkatkan performa turbin hingga mencapai efisiensi maksimum[9].

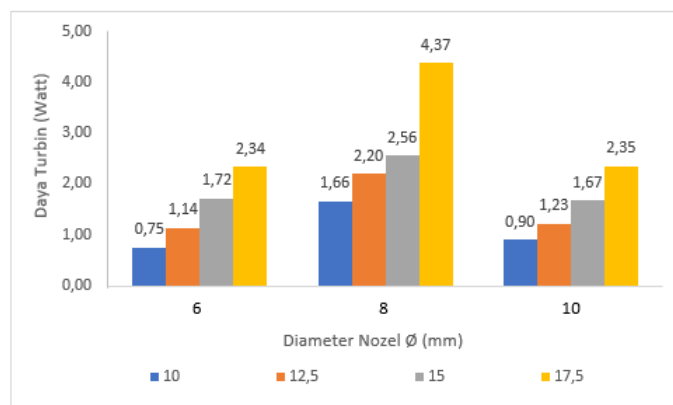


Gambar 3 Variasi Debit Air Terhadap Efisiensi Turbin

Berdasarkan grafik variasi diameter nozel terhadap daya turbin pada gambar 4, terlihat bahwa setiap peningkatan debit air menyebabkan kenaikan daya turbin pada seluruh variasi diameter nozel. Pada diameter nozel 6 mm, daya turbin meningkat dari 0,75 W pada debit 10 Lpm (0,0001667 m³/s) menjadi 2,34 W pada debit 17,5 Lpm (0,0002917 m³/s). Pada diameter nozel 8 mm diperoleh nilai daya tertinggi dibandingkan variasi lainnya, yaitu sebesar 1,66 W pada debit 10 Lpm (0,0001667 m³/s), 2,20 W pada debit 12,5 Lpm (0,0002083 m³/s), 2,56 W pada debit 15 Lpm (0,00025 m³/s), dan mencapai 4,37 W pada debit 17,5 Lpm (0,0002917 m³/s). sementara itu, pada diameter nozel 10 mm diperoleh daya turbin sebesar 0,90 W pada debit 10 Lpm (0,0001667 m³/s), 1,23 W pada debit 12,5 Lpm (0,0002083 m³/s), 1,67 W pada debit 15 Lpm (0,00025 m³/s), dan 2,35 W pada debit 17,5 Lpm (0,0002917 m³/s).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa diameter nozel 8 mm menghasilkan daya turbin paling optimal pada seluruh variasi debit air. Hal ini disebabkan karena diameter nozel 8 mm mampu menghasilkan pancaran air yang lebih fokus dan stabil sehingga energi kinetik air dapat ditransfer secara maksimal ke sudu turbin. Pada diameter nozel 6 mm, debit air yang keluar relatif lebih kecil sehingga energi yang diterima runner turbin menjadi terbatas. Sementara itu, pada diameter nozel 10 mm terjadi penurunan daya turbin karena pancaran air yang terlalu besar menyebabkan energi aliran tidak sepenuhnya terserap oleh sudu turbin. Selain itu, peningkatan debit air juga berpengaruh terhadap kenaikan daya turbin, karena semakin besar debit aliran maka energi kinetik air yang mengenai sudu turbin menjadi lebih besar.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa variasi diameter nozel dan debit air memiliki pengaruh signifikan terhadap daya turbin pelton. Diameter nozel yang sesuai mampu menghasilkan transfer energi yang lebih optimal sehingga daya turbin meningkat. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa peningkatan debit air cenderung meningkatkan daya turbin hingga mencapai kondisi optimum tertentu [10].



Gambar 4 Variasi Diameter Nozel Terhadap Daya Turbin

Berdasarkan grafik variasi diameter nozel terhadap efisiensi turbin pada gambar 5, diketahui bahwa diameter nozel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem. Pada diameter 6 mm, nilai efisiensi masih relatif rendah dengan rentang 0,15% sampai 0,26%. Efisiensi tertinggi diperoleh pada diameter 8 mm, yaitu sebesar 1,81% pada debit 10 Lpm (0,0001667 m³/s), kemudian menurun pada variasi 12,5 menjadi sebesar 1,23%, pada debit 15 Lpm (0,00025 m³/s) sebesar 0,83%, lalu sedikit meningkat pada variasi 17,5 Lpm (0,0002917 m³/s) menjadi 0,89%. Sementara itu, penggunaan diameter nozel 10 mm menghasilkan efisiensi paling rendah, yaitu hanya berkisar antara 0,01% sampai 0,02%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa diameter nozel 8 mm merupakan kondisi optimum dalam penelitian ini. Diameter tersebut mampu menghasilkan aliran fluida yang lebih efektif sehingga energi kinetik yang terbentuk dapat dimanfaatkan secara maksimal. Sebaliknya, diameter nozel yang terlalu kecil menyebabkan debit aliran kurang optimal, sedangkan diameter yang terlalu besar mengakibatkan penurunan tekanan dan aliran menjadi kurang terarah sehingga berdampak terhadap efisiensi sistem turbin menjadi menurun.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa efisiensi sistem dipengaruhi oleh kesesuaian diameter nozel terhadap karakteristik aliran fluida. Penelitian terdahulu juga menjelaskan bahwa diameter nozel menengah cenderung menghasilkan efisiensi tertinggi karena mampu menjaga keseimbangan antara debit dan kecepatan aliran. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bahwa optimasi diameter nozel menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi sistem turbin terutama turbin pelton[11].

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi debit air dan diameter nozel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap daya dan efisiensi turbin pelton. Peningkatan debit air cenderung meningkatkan daya dan efisiensi turbin karena energi kinetik aliran yang diterima sudu turbin semakin besar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa diameter nozel 8 mm menghasilkan performa paling optimal dibandingkan nozel lainnya, baik terhadap daya turbin maupun efisiensi turbin. Pada variasi tersebut diperoleh daya turbin tertinggi sebesar 4,37 W dan efisiensi tertinggi sebesar 59% pada debit 17,5 Lpm (0,0002917 m³/s). Diameter nozel 8 mm mampu menghasilkan pancaran aliran air yang konstan dan terarah sehingga proses konversi energi berjalan dengan maksimal. Sementara itu, diameter nozel 6 mm menghasilkan debit aliran yang relatif kecil sehingga energi yang diterima runner turbin menjadi terbatas, sedangkan diameter nozel 10 mm menyebabkan aliran air kurang fokus dan sebagian energi tidak terserap secara maksimal oleh sudu turbin. Dengan demikian, kombinasi diameter nozel dan debit air yang sesuai sangat berpengaruh terhadap peningkatan performa turbin pelton, terutama pada parameter daya dan efisiensi sistem.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Solikah AA, Bramastia B. Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia. *J Energi Baru dan Terbarukan*. 2024;5(1):27-43. doi:10.14710/jebt.2024.21742
- [2] Mafruddin M, Irawan D. Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. *Turbo J Progr Stud Tek Mesin*. 2014;3(2):7-12. doi:10.24127/trb.v3i2.12
- [3] Elza P. Perancangan Dan Pengujian Turbin Air Untuk Menghasilkan Energi Listrik. *J Energi dan Ketahanan*. 2025;1(1):11-18.
- [4] Atifoqymin B. Tinjauan Literatur: Kinerja Turbin Screw Archimedes Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Pada Aliran Air Dengan Head Rendah. *Al Jazari J Ilm Tek Mesin*. 2024;9(2):102-113. doi:10.31602/al-jazari.v9i2.15853
- [5] Diameter P, Nozzle P, Kinerja P, Pelton AIR, Laboratorium S. Pengaruh diameter pipa nozzle pada kinerja turbin air pelton skala laboratorium 1,2,3,4). *Respon Kinerja Turbin Pelt Dengan Diam Nozle Aliran Tekanan Air*. 2024;11(1):24-28.
- [6] Andi Dwi Fernanda, Priyo Heru Adiwibowo. PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON | *Jurnal Rekayasa Mesin*. 2021;06:1-2. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/42542>
- [7] Mafruddin M, Irawan RM, Setiawan N, Rajabiah N, Irawan D. Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton. *Turbo J Progr Stud Tek Mesin*. 2020;8(2):214-218. doi:10.24127/trb.v8i2.1076
- [8] Furqan F, Aji F. Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Efisiensi Turbin Peltun Dengan 32 Sudu Pada Pltmh. *Pros Semin Nas Teknol Energi dan Miner*. 2024;4(1):205-212. doi:10.53026/prosidingsntem.v4i1.69
- [9] Pradana H, Supardi. Kaji Eksperimental Pengaruh Debit Air dan Jumlah Sudu Terhadap Performa Turbin Pelton Mikrohidro. *Pros Senakama*. Published online 2023:380-395.
- [10] Hukom BJ, Rantererung C, Kasa A. Analisa Pengaruh Diameter Nozzle Terhadap Kinerja Turbin Pelton. :10-13.
- [11] Rosmiati Y, Jurusan M, Mesin T, et al. Pengaruh Variasi Diameter Nosel Terhadap. *J Tek Mesin Univ Muhammadiyah Metro*. 2017;6(1):1-10.