

Variasi Diameter Nozzle dan Bukaannya Terhadap Torsi dan Daya Turbin Pelton

Vicky Iswidiyanto¹, A'rasy Fahrudin^{2*}, Iswanto³
Email corresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Article history: Received: 20 Desember 2023 | Revised: 9 Maret 2024 | Accepted: 9 Maret 2024

Abstract. *Microhydro turbine is the term used for a device that converts water energy into rotation of a shaft which can be used to install an electric generator. A microhydro design requires two things, the water flow and the fall height (head) which are useful for creating usable power. In this research, a Pelton type water turbine was used, this turbine was selected because it is suitable for use at fairly high heads. Before it is applied, it is necessary to test it with a prototype in order to find out how much rotation speed and power will be obtained. The aim of the research was to identify the effect of variations in nozzle diameter and valve opening on turbine torque and power. It was found that the smaller the nozzle diameter, the rotational speed of the turbine will increase and the power of the turbine will be greater. The maximum torque and power of the turbine is achieved at 0.098 Nm and 7.02 watts.*

Keywords – Turbin; Mikrohidro; Nozzle Diameter.

Abstrak. *Turbin Mikrohidro adalah sebutan yang dipakai alat konversi energi air menjadi putaran poros yang dapat dimanfaatkan untuk instalasi generator listrik.. Suatu desain mikrohidro membutuhkan dua hal, debit air serta ketinggian jatuh (head) berguna untuk menciptakan daya yang bisa digunakan. Pada riset ini memakai turbin air dengan jenis Pelton, diseleksi turbin itu sebab sesuai diaplikasikan pada head yang cukup tinggi. Saat sebelum diaplikasikan butuh terdapatnya pengetesan dengan prototipe agar mengenali seberapa besar kecepatan putaran daya yang diperoleh. Tujuan dari riset itu digunakan untuk mengenali pengaruh variasi diameter nozzle dan bukaan katup terhadap torsi dan daya turbin. Didapatkan bahwa semakin kecil diameter nosel maka kecepatan putar pada turbin akan semakin meningkat dan daya pada turbin akan semakin besar. Torsi dan daya maksimum turbin dicapai pada 0,098 Nm dan 7,02 watt.*

Kata kunci - Turbin; Mikrohidro; Diameter Nozzle.

PENDAHULUAN

Mikrohidro merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi energi air melalui instalasi generator listrik. Kapasitas gerakan dan ketinggian air di suatu lokasi menjadi faktor penentu dalam menghasilkan energi listrik [1]. Seiring dengan peningkatan kapasitas gerakan atau ketinggian air pada instalasi, tenaga yang dapat dihasilkan untuk pembangkit listrik juga meningkat. Mikrohidro umumnya dibangun menggunakan sumber air aliran kecil seperti sungai atau aliran air buatan, untuk menghasilkan energi listrik secara bersih dan berkelanjutan. Komponen utama dari sistem mikrohidro melibatkan saluran air, turbin hidro, generator listrik, dan sistem kontrol yang bekerja bersama untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik [2,3].

Saluran air mengarahkan aliran air menuju turbin hidro, di mana energi kinetik air diterjemahkan menjadi putaran mekanis. Mikrohidro dikenal sebagai sumber daya "putih" karena menggunakan pangkal energi yang sudah ada di alam dan bersahabat dengan lingkungan. Pemanfaatan air yang turun atau aliran air alami menjadi dasar utama untuk menghasilkan listrik, dan dengan teknologi saat ini, energi gerakan air dapat efektif diubah menjadi listrik. Keuntungan ekonomis dari pembangkit listrik mikrohidro dapat dicapai dengan perencanaan yang matang dan partisipasi aktif dari masyarakat setempat, mulai dari perencanaan awal hingga implementasi yang terintegrasi dengan baik [4].

Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan potensi tenaga air melalui gerakan air pada ketinggian tertentu dari lokasi instalasi generator listrik. Desain mikrohidro memerlukan perhitungan yang cermat terkait debit air dan ketinggian jatuh (head) untuk menghasilkan daya yang dapat dimanfaatkan secara optimal [5].

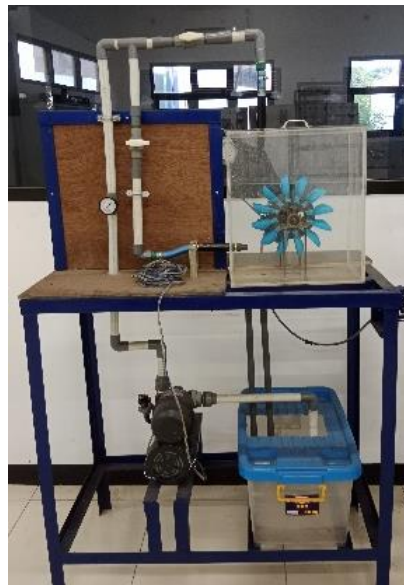
Generator tenaga air adalah suatu perangkat berputar yang mengekstrak energi dari aliran fluida. Penemuan turbin air dapat ditelusuri kembali ke awal abad ke-19 oleh Claude Bourdin. Istilah "turbin" berasal dari bahasa Latin yang berarti berputar atau vortex, mencirikan pergerakan berputar atau pusaran air dalam mesin ini. Hasil rancang bangun dan uji performa turbin air tipe Kaplan dalam skala mikrohidro, dengan mempertimbangkan perhitungan tinggi dan kapasitas aliran air di kolam ikan Lemjantek, menunjukkan nilai tinggi sebesar 1,6 meter dan debit air sekitar 0,0224 meter kubik per detik. Oleh karena itu, turbin air yang paling sesuai sebagai penggerak pada prototipe

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Lemjiantek adalah Turbin Kaplan [6]. Daya air yang tersedia di kolam mencapai 805,046 Watt. Berdasarkan desain turbin Kaplan, dihasilkan putaran spesifik turbin sekitar 249 rpm, dengan diameter luar roda turbin 10,70 cm, diameter dalam roda turbin 3,56 cm, dan tinggi sudu pengarah 3 cm. Turbin air ini menghasilkan daya indikasi sebesar 351,590 Watt, dengan torsi mencapai 6,711 N.m. Daya efektif turbin air mencapai 280,964 Watt, sementara efisiensi turbin mencapai 79% [7]. Dalam eksperimen ini, turbin air berjenis Pelton digunakan sebagai objek penelitian. Pemilihan turbin ini dipotensialkan karena sesuai untuk penerapan pada kondisi aliran air dengan head yang cukup tinggi. Sebelum penerapannya, perlu dilakukan uji coba menggunakan prototipe untuk menilai jumlah putaran yang dihasilkan [8,9].

Dari latar belakang diatas dapat diidentifikasi masalah yang akan dibahas bagaimana pengaruh variasi diameter nozzle dan bukaan katup terhadap torsi dan daya turbin pelton. Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tujuan yang telah diuraikan, yaitu: untuk menilai dampak variasi diameter nozzle terhadap kinerja turbin Pelton, dan untuk mengetahui pengaruh variasi bukaan katup terhadap kinerja turbin Pelton.

METODE

Pertama-tama, langkah awal dalam pembuatan alat membuat piringan runner sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan [10]. Langkah kedua melibatkan pembuatan cetakan untuk sudu sebelum proses pembuatan sudu itu dimulai. Setelah menyelesaikan piringan runner dan sudu, sudu-sudu tersebut dipasang mengelilingi piringan dengan menggunakan dua baut untuk setiap sudu. Selanjutnya, dipasangkan pada poros dan poros diberi stopper agar menghindari slip. Setelah itu, konstruksi rumah turbin dilakukan, di mana dalam rumah tersebut, sebuah nozzle dipasang untuk meningkatkan tekanan air yang disempatkan. Turbin pelton dengan 12 sudu, dengan as atau shaft diameter 15 mm panjang 20 cm serta pulley. Sudu dari bahan plastik dan runner atau hub dari plat tebal 3 mm, shaft diameter 15 mm sesuai dengan plat runner dan sudu lebar 6 cm. Instalasi pengujian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Instalasi Pengujian

Energi potensial yang akan berjalan dari turbin akan terjadi pada air terjun atau aliran sungai. Penelitian ini pada energi air diambil dari pompa air, kemudian alir tersebut dialirkan ke turbin dengan melalui selang. Variabel yang diukur berupa variabel bebas dan variabel terikat [11]. Variable bebas adalah pengaruh variasi diameter nozzle yaitu 0,1; 0,2; 0,3 inchi dan variasi bukaan katup yaitu bukaan full, bukaan $\frac{3}{4}$, dan bukaan $\frac{1}{2}$. Sedangkan variabel terikat adalah gaya pengereman, torsi, dan daya turbin.

Langkah – langkah pengambilan data, yaitu; alat-alat yang perlu disiapkan, kran dibuka atau dihidupkan, putaran arus dengan nozzle diameter 0,1 diukur untuk mencari kecepatan putar dan beban pengereman, kran ditutup. Nozzle dengan diameter 0,1 diganti dengan nozzle berdiameter 0,2, kecepatan putar dan beban pengereman dengan nozzle diameter 0,2 diukur, kran ditutup. Nozzle dengan diameter 0,2 diganti dengan nozzle berdiameter 0,3, kecepatan putar dan beban pengereman dengan nozzle diameter 0,3 diukur untuk mencari torsi dan daya, dan kran dimatikan. Setelah data diambil, langkah berikutnya pengolahan data, yang dilakukan dengan langkah-langkah berikut; torsi dan daya yang dihasilkan oleh turbin dihitung, kemudian dibuat grafik torsi vs rpm dan grafik daya vs rpm [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Data yang dihasilkan diperoleh data pada penelitian variasi diameter nozzle dan variasi tekanan air terhadap daya dan efisiensi diperoleh data seperti yang disajikan pada tabel 1 sampai dengan tabel 5.

Tabel 1. Putaran generator yang dihasilkan (rpm)

Diameter Nozzle (Inchi)	0,1	0,2	0,3
Bukaan full	684,4	480,8	359,8
Bukaan $\frac{3}{4}$	409,4	361,2	241,3
Bukaan $\frac{1}{2}$	250,8	200,2	161,4

Tabel 2. Beban yang dihasilkan (kg)

Diameter Nozzle (Inchi)	0,1	0,2	0,3
Bukaan full	0,100	0,084	0,076
Bukaan $\frac{3}{4}$	0,098	0,083	0,071
Bukaan $\frac{1}{2}$	0,094	0,079	0,069

Tabel 3. Gaya yang dihasilkan $F=m.g$ (N)

Diameter Nozzle (Inchi)	0,1	0,2	0,3
Bukaan full	0,98	0,82	0,74
Bukaan $\frac{3}{4}$	0,96	0,81	0,7
Bukaan $\frac{1}{2}$	0,92	0,77	0,68

Tabel 4. Torsi yang dihasilkan $T=F.l$ (N.m)

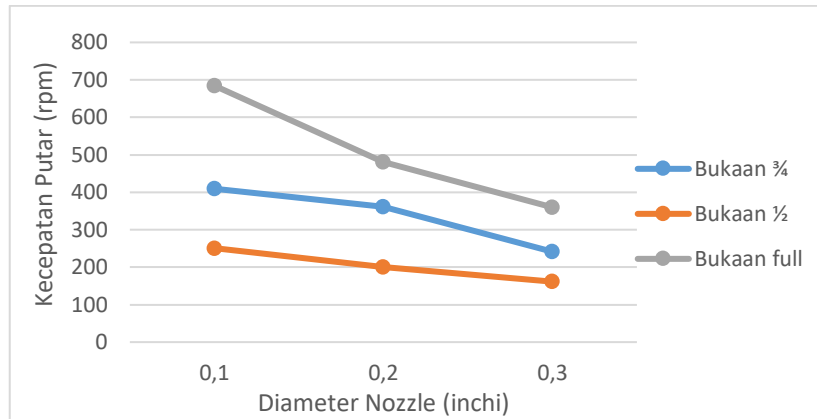
Diameter Nozzle (Inchi)	0,1	0,2	0,3
Bukaan full	0,098	0,082	0,074
Bukaan $\frac{3}{4}$	0,096	0,081	0,07
Bukaan $\frac{1}{2}$	0,092	0,077	0,068

Tabel 5. Power yang dihasilkan (Watt)

Diameter Nozzle (Inchi)	0,1	0,2	0,3
Bukaan full	7,02	4,13	2,79
Bukaan $\frac{3}{4}$	4,11	3,06	1,77
Bukaan $\frac{1}{2}$	2,42	1,61	1,15

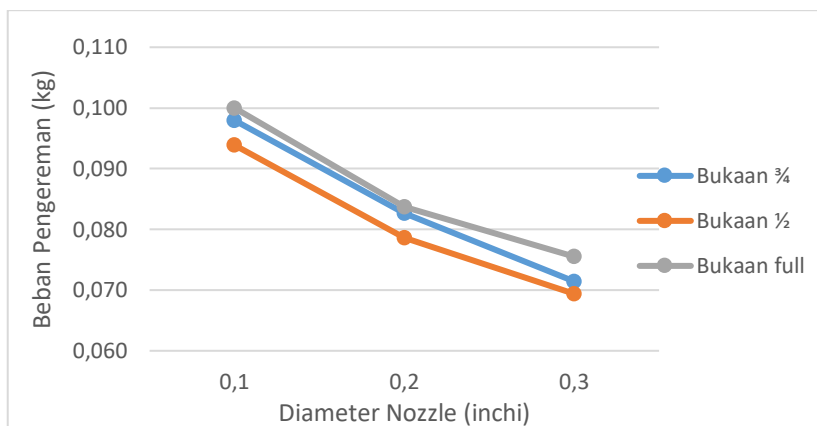
B. Pembahasan

Dari tabel hasil pengambilan data dapat dibuat grafik untuk analisa lebih lanjut. Kecepatan putar maksimal yang tercapai oleh turbin pelton dengan nozzle dengan diameter 0,1 inchi adalah 684,4 rpm. Nozzle dengan diameter 0,2 inchi menghasilkan kecepatan putar maksimal sebesar 480,8 rpm, sedangkan nosel berdiameter 0,3 inchi menghasilkan kecepatan putar maksimal sebesar 250,8 rpm. Dari data yang tersaji dalam Gambar 2, dapat diperhatikan bahwa terjadi penurunan kecepatan putar yang dihasilkan oleh turbin Pelton saat terjadi variasi ukuran diameter nosel. Semakin besar diameter nosel semakin rendah putaran yang dihasilkan. Semakin besar bukaan katup semakin besar putaran yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan fluida berbanding lurus dengan kecepatan putar turbin pelton. Nosel diameter kecil dengan bukaan katup full menghasilkan kecepatan fluida yang tinggi sehingga menghasilkan kecepatan turbin yang tinggi.



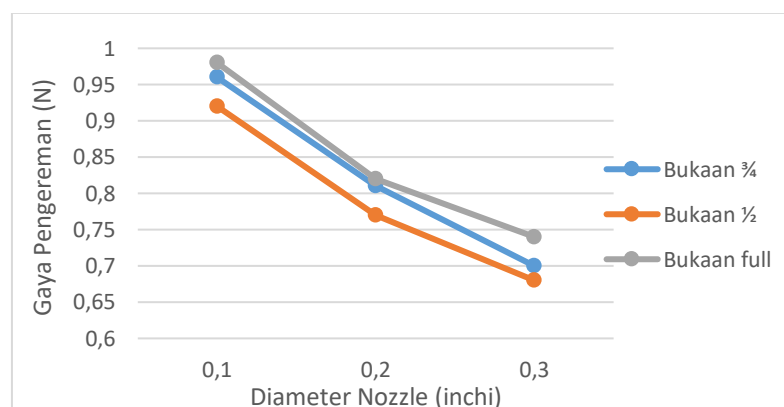
Gambar 2. Grafik pengaruh diameter nozzle terhadap kecepatan putar turbin

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa turbin pelton dengan diameter nosel 0,1 menahan beban pengereman maksimal sebesar 0,1 kg pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi dapat menahan beban 0,084 kg, sedangkan nosel ukuran 0,3 dapat menahan beban 0,076 kg. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan fluida berbanding lurus dengan besarnya beban pengereman yang mampu ditahan. Kecepatan fluida yang besar akibat diameter nosel yang relative kecil memberikan tumbukan yang lebih besar.



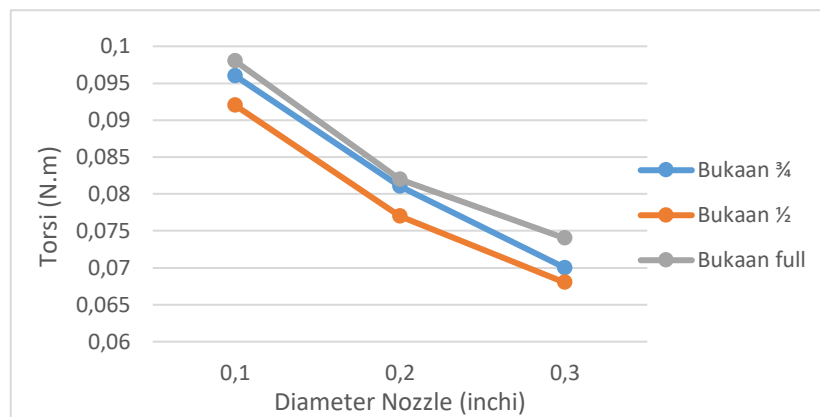
Gambar 3. Grafik pengaruh diameter nozzle terhadap beban pengereman

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa turbin pelton dengan diameter 0,1 memberikan gaya pengereman maksimal sebesar 0,98 N pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi memberikan gaya pengereman 0,84 N, sedangkan nosel ukuran 0,3 memberikan gaya pengereman 0,76 N. Besarnya gaya pengereman berbanding lurus dengan besarnya beban pengereman yang mampu ditahan.



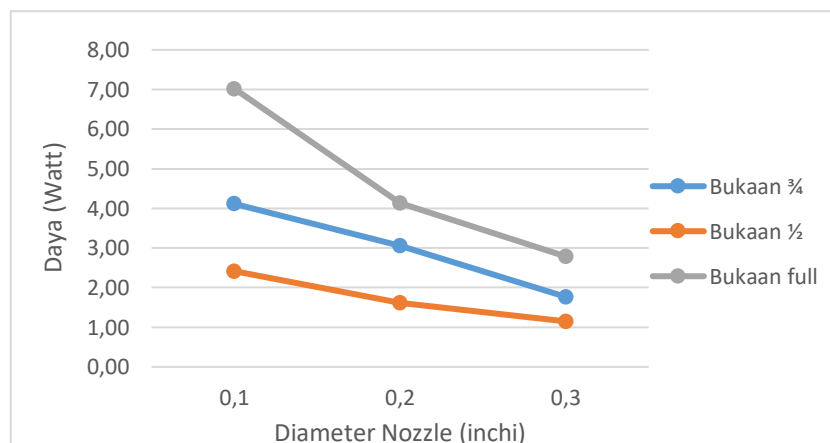
Gambar 4. Grafik pengaruh diameter nozzle terhadap gaya pengereman

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa turbin pelton dengan diameter nosel 0,1 inchi menghasilkan torsi maksimal sebesar 0,1 N.m pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi menghasilkan torsi 0,084 N.m, sedangkan nosel ukuran 0,3 menghasilkan torsi 0,076 N.m. Besarnya torsi yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya beban dan gaya pengereman. Kecepatan fluida yang lebih tinggi akibat diameter nosel yang relative kecil memberikan tumbukan yang lebih besar. Akan tetapi pengaruh bukaan katup terhadap torsi tidak sebesar pengaruh bukaan katup terhadap kecepatan putar turbin. Hal ini dimungkinkan karena bukaan katup lebih berpengaruh terhadap debit dan kecepatan, meskipun tetap berpengaruh terhadap tumbukan dan torsi tapi pengaruhnya lebih kecil.



Gambar 5. Grafik pengaruh diameter nozzle terhadap torsi

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa turbin pelton dengan diameter nosel 0,1 inchi menghasilkan daya maksimal sebesar 7,02 Watt pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi menghasilkan torsi 4,13 Watt, sedangkan nosel ukuran 0,3 menghasilkan torsi 2,79 Watt. Besarnya daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan besarnya kecepatan putar dan torsi. Kecepatan fluida yang lebih tinggi akibat diameter nosel yang relative kecil memberikan tumbukan yang lebih besar, menghasilkan kecepatan putar turbin dan torsi yang lebih besar. Sehingga daya yang dihasilkan akan lebih besar.



Gambar 6. Grafik pengaruh diameter nozzle terhadap daya turbin

KESIMPULAN

Dari hasil serta data yang diperoleh saat menggunakan turbin Pelton dan mengamati pengaruh diameter nosel serta bukaan katup terhadap kecepatan putar dan gaya pengereman dapat diambil beberapa kesimpulan. Kecepatan putar maksimal yang tercapai oleh nozzle dengan diameter 0,1 inchi adalah 684,4 rpm. Nozzle dengan diameter 0,2 inchi menghasilkan kecepatan putar maksimal sebesar 480,8 rpm, sedangkan nosel berdiameter 0,3 inchi menghasilkan kecepatan putar maksimal sebesar 250,8 rpm. Dengan diameter nosel 0,1 inchi menghasilkan torsi

maksimal sebesar 0,1 N.m pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi menghasilkan torsi 0,084 N.m, sedangkan nosel ukuran 0,3 menghasilkan torsi 0,076 N.m. Dengan diameter nosel 0,1 inchi menghasilkan daya maksimal sebesar 7,02 Watt pada bukaan full. Nosel 0,2 inchi menghasilkan torsi 4,13 Watt, sedangkan nosel ukuran 0,3 menghasilkan torsi 2,79 Watt. Kecepatan fluida yang lebih tinggi akibat diameter nosel yang relative kecil memberikan tumbukan yang lebih besar, menghasilkan kecepatan putar turbin dan torsi yang lebih besar. Sehingga torsi dan daya yang dihasilkan akan lebih besar. Beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan dapat diberikan melalui studi ini meliputi sambungan pipa dibuat seminimal mungkin, nosel dibuat dengan tingkat kehalusan maksimal sehingga kerugiannya sedikit. Saat membuat dan memasang pola bilah harus lebih presisi agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Poros harus terbuat dari bahan yang lebih tahan korosi agar turbin dapat beroperasi dalam waktu lama dan pemasangan poros harus lebih presisi agar putarannya bisa lebih baik dan stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis menghadapi sejumlah hambatan dan tantangan. Meskipun demikian, berkat bimbingan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, semua kendala tersebut berhasil diatasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan artikel riset, baik secara langsung maupun tidak langsung.

REFERENSI

- [1] Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i1.17>
- [2] Haryono, D. A., Fahrudin, A., Akbar, A., & Mulyadi, M. (2019). The effect of blade angle on two-stage water turbine against power and efficiency. In *Journal of Physics: IOP Conference Series* (Vol. 1402). Retrieved from <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044044>
- [3] Santoso, A. N. E. B., Fahrudin, A., & Iswanto. (2020). Experimental Study of Blade Angle Effect on Two-Stage Vertical Shaft Hydrofoil Water Turbines on Power and Efficiency. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Retrieved from <https://doi.org/10.1088/1757-899X/874/1/012031>
- [4] Kusuma, D. D. (2011). Karakteristik unjuk kerja turbin francis pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) terhadap perubahan kapasitas aliran. 1.
- [5] Poeta, C., Soplanit, G., & Rantung, J. (2013). Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter. *Teknik Mesin*, 1–9.
- [6] Rohermanto, A. (2007). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). 4(1), 28–36.
- [7] Rompas, P. T. D. (2011). Analisis pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada daerah aliran Sungai Ongkag Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 16(2), 160–171.
- [8] Sarjono, S. (2021). Pengaruh Variasi Diameter dan Jarak Nosel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton. *Jurnal Teknologi*, 14(2), 180–185. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v14i2.3716>
- [9] Syarif, Aida. "Analisis Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Pelton Sumber Daya Head Potensial." *KINETIKA* 10.2 (2019): 1-8.
- [10] Saputra, I. G. N., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan. *Jurnal SPEKTRUM* Vol, 7(4).
- [11] Pussenarh, Kesatrian Pusdik Arhanud, et al. "Rancang bangun dan uji performansi turbin air jenis kaplan skala mikrohidro." (2018).
- [12] Amin, Amirul. "Pengaruh Variasi diameter pulley terhadap daya listrik yang dihasilkan pada prototype turbin pelton." *Jurnal Teknik Mesin* 12.01 (2019): 7.