

PENGARUH DIAMETER PIPA NOZZLE PADA KINERJA TURBIN AIR PELTON SKALA LABORATORIUM

1,2,3,4) Teknologi Rekayasa
Pemeliharaan Alat Berat,
Politeknik Negeri Tanah
Laut, Pelaihari, Tanah Laut,
Indonesia
5) Universitas Palangkaraya,
Palangkaraya, Indonesia

**Adhiela Noer Syaief¹⁾, Hajar Isworo²⁾, Reza Taufiqi Ivana³⁾,
Muhammad Rezki Fitri Putra⁴⁾, Muhamad Noor Yasin⁵⁾**

Corresponding email¹⁾ :
rezki@politala.ac.id

Received: 23.04.2024
Accepted: 06.06.2024
Published: 28.06.2024

©2024 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. Turbin pelton salah satu media konversi energi yang memanfaatkan kinerja aliran sebagai penggerak dan menghasilkan energi listrik akibat konversi dari putaran turbin. turbin berkerja saat nosel turbin mengijeksikan aliran menuju ujung nosel yang mengarah langsung pada permukaan inlet sudu turbin. pada penelitian ini mengetahui pengaruh diameter nisel dari kinerja turbin yang menghasilkan daya listrik yang berbeda dari berbagai parameter yaitu: diameter nosel yang digunakan; 1", ¾", 1 ½", dan ½" dengan berbagai variasi bukaan nosel 20%, 50%, dan 100%. Hasil yang didapat pada diameter nosel ¾" didapat hasil maksimal dengan putaran 177 (rpm), dengan daya 5.168 watt dan efesiensi meningkat mencapai 5% pada tiap bukaan katup nosel. Dari hasil tersebut dapat dikatakan besaran atau ukuran nosel mempengaruhi kinerja turbin dimana efesiensi dari kinerja berbanding lurus dengan putaran dan daya yang dihasilkan.

Kata Kunci: turbin pelton, nosel diameter, katup nosel

Abstract. Pelton turbine is an energy conversion medium that utilizes flow performance as a driver and produces electrical energy due to the conversion of turbine rotation. The turbine works when the turbine nozzle injects flow towards the tip of the nozzle, which leads directly to the inlet surface of the turbine blade. In this research, we know the effect of nozzle diameter on the performance of turbines that produce different electrical power from various parameters, namely: nozzle diameter used; 1", ¾", 1 ½", and ½" with various nozzle opening variations of 20%, 50%, and 100%. The results obtained with a nozzle diameter of ¾" obtained maximum results with a rotation of 177 (rpm), with a power of 5,168 watts, and efficiency increased to 5% at each nozzle valve opening. From these results, it can be said that the nozzle's magnitude or size influences the turbine's performance, where the performance's efficiency is directly proportional to the rotation and power produced.

Keywords: pelton turbine, nozzle diameter, nozzle valve

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v11i1.276>

1. Pendahuluan

Energi air telah lama menjadi energi terbarukan dengan potensi yang paling dapat diandalkan terlebih lagi didaerah pedesaan maupaun pegunungan. Di antara berbagai teknologi yang digunakan untuk mengkonversi energi air menjadi energi listrik.

Tenaga air adalah energi dengan pemanfaatan yang paling andal dan efisien. Air menempati bagian penting bumi (75% dari total volume bumi). Sehingga terdapat sumber energi gratis dan terbarukan yang sangat besar dalam bentuk tenaga air di bumi [1]. Perangkat mekanis yang digunakan untuk mengekstraksi tenaga air dikenal sebagai "Turbin"[2].

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin impales yang mengubah energi potensial gravitasi menjadi energi kinetik, yang mana kecepatan pancaran air bertambah dan mengenai impelar turbin berubah menjadi energi dengan putaran mekanik (putaran poros)[3]. Turbin Pelton telah ditunjukkan sebagai salah satu yang paling efisien dan andal, terutama dalam menghadapi kondisi aliran air yang tinggi dan tekanan yang rendah[4]. Turbin Pelton

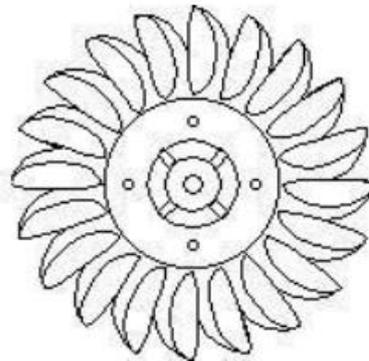
memiliki desain yang unik dan efisien dalam mengekstraksi energi kinetik dari aliran air yang tinggi [5]. Prinsip kerjanya melibatkan pemecahan aliran air menjadi jet-jet kecil yang mengenai sudu-sudu roda turbin, menyebabkan roda berputar dan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik [6]. Pemanfaat turbin pelton dirancang sebagaimana proyek mikrohidro energi tebarukan dari sungai atau aliran kecil [7]. Air akan mengalir langsung melalui turbin dan kembali ke sungai atau aliran air untuk digunakan untuk keperluan lain. Hal ini memiliki dampak lingkungan yang minimal terhadap ekosistem lokal.

Kinerja turbin Pelton bergantung pada berbagai parameter seperti laju alir massa, diameter nosel, head, bentuk dan jumlah nosel, dan lainnya [8]. Dengan mempertimbangkan beberapa referensi. Efisiensi merupakan parameter penting untuk jenis turbin mikrohidro yang dipilih pada turbin pelton yaitu, head, dan laju aliran, karena karakteristik turbin berbeda pada kondisi operasi aliran yang berbeda. Kecepatan spesifik turbin menggambarkan kinerja turbin karena menghubungkan head dan kecepatan putar dengan daya keluaran.

Pada pengujian dalam tulisan ini menggunakan turbin pelton skala laboratorium dengan beberapa pengambilan data dengan membandingkan keluaran dari nosel, dan akan diketahui efisiensi dari beberapa variasi ukuran nosel dan persentasi bukaan keluaran nosel.

2. Tinjauan Pustaka (opsional)

Turbin Pelton adalah mesin terus menerus bergerak karena roda atau rotor terus berputar dikarenakan adanya tekanan air yang bergerak cepat melalui penampungan atau aliran dari nosel secara terus menerus. Pancaran air yang mempunyai energi kinetik yang mengalir dalam arah tangensial ke *runner* turbin [9]. Ketika menumbuk sudu turbin, ia memberikan momentumnya kepada sudu dan *runner* menghasilkan kerja mekanis berupa putaran yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan generator [10]. Dalam beberapa tahun terakhir pengembangan secara eksperimental dari instalasi dan efisiensi dari turbin pelton telah dilakukan.



Gambar 1. Turbine Pelton

Aliran pada turbin Pelton sangat kompleks dengan aliran multistage dan multifasa. Seluruh saluran aliran pada turbin Pelton terdiri dari aliran terbatas pada pipa dan nosel, pancaran air bebas, aliran permukaan bebas tak tunak pada ember yang berputar, dan aliran dua fasa tersebar pada selubung [11]. Biasanya, simulasi aliran pada turbin Pelton memerlukan biaya komputasi yang tinggi dibandingkan turbin reaksi, karena aliran multifasa dan interaksi jet/bucket yang tidak stabil pada runner yang berputar. Studi visualisasi aliran juga dilakukan pada jet yang dikeluarkan dari nozel injektor turbin Pelton, dan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kualitas jet dan menyebabkan penurunan kinerja dan efisiensi runner dan pengaruh desain injektor terhadap perilaku jet yang tidak stabil. Pada analisis mekanis aliran dalam bucket yang berputar didapat aliran yang lebih baik karena gesekan pada permukaan bucket yang terjadi terhadap tumbukan terhadap energi total selama proses pemutaran [12].

3. Metodologi

Uji sistem turbin Pelton dirancang dan diimplementasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar (2). Dimana percobaan dilakukan dengan beberapa parameter yang variatif ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Judul tabel, hanya huruf awalnya saja yang besar

<i>Parameter</i>	<i>Range</i>
Diameter Nosel	1/2", 3/4", 1", 1 1/2"
Bukaan Keran Nosel	20%, 50%, 100%

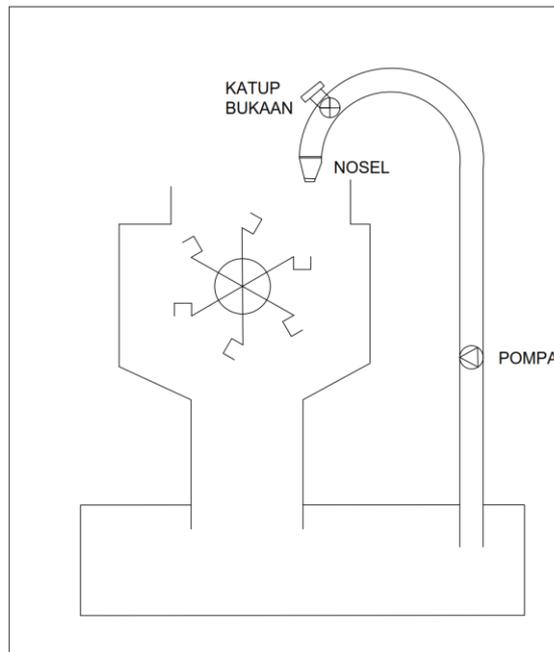
Pengukuran daya Listrik dan efisiensi dilakukan dengan menghubungkan generator ke lampu DC untuk dilakukan pengukuran tegangan dan arus dari masing-masing parameter dengan volt meter dan ampere meter kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P(\text{watt}) = V \cdot I \tag{1}$$

Keterangan:
V = Voltase
I = Ampere

Perhitungan efisiensi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{daya listrik}}{\text{input power ke turbin}} \tag{2}$$



Gambar 2. Skema diagram turbin pelton

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pertama dilakukan terhadap ukuran nosel terhadap bukaan katup menghasilkan beberapa kecepatan putaran yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengaruh Diameter dan Bukaan Katup Nosel Terhadap putaran (*rpm*)

<i>Diameter Nosel</i>	<i>Bukaan Katup Nosel</i>	<i>Rpm</i>
1/2 "	20%	50
	50%	98
	100%	167
3/4 "	20%	105
	50%	122
	100%	177
1 "	20%	78
	50%	107
	100%	166
1 1/2 "	20%	88
	50%	130
	100%	174

Pada Tabel 2 hasil pengujian dari Diameter Nosel 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", dengan beberapa bukaan katup 20%, 50% dan 100%, menghasilkan rpm paling rendah pada Diameter 1/2" dengan bukaan katup 20%, hal tersebut sejalan dengan beberapa pengujian yang dilakukan oleh [13] bahwa semakin kecil bukaan katup semakin kecil

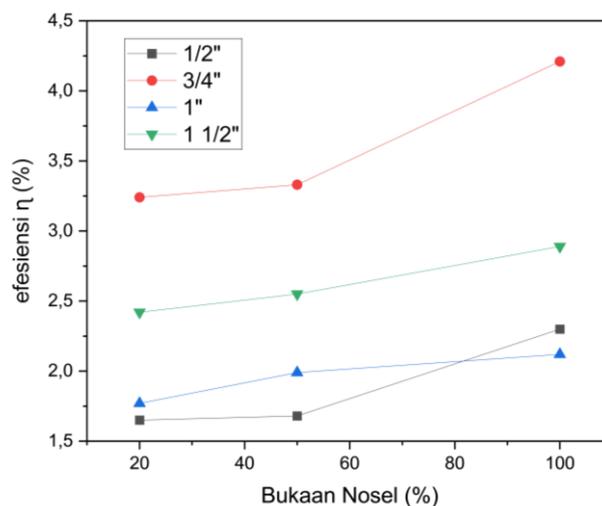
daya putar yang dihasilkan begitupun sebaliknya pada Diameter Nosel $\frac{3}{4}$ " dengan bukaan 100% didapatkan rpm 177 dengan mendapatkan kecepatan putar paling besar dikarenakan laju aliran air menghasilkan putaran yang baik hal tersebut bergantung pada bukaan katup nosel. Pada ujung bukaan katup mendapatkan pola linier dengan adanya laju aliran asimtotik, selain itu teori laju aliran juga meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan dari lairan ujung nosel.

Tabel 3. Hasil Uji Pengaruh Diameter dan Bukaan Katup Nosel pada Power Hasil Putaran Turbin

Diameter Nosel	Bukaan Katup Nosel	Volt	Ampere	Watt
$\frac{1}{2}$ "	20%	1.2	0.67	0.804
	50%	1.8	0.97	1.746
	100%	2.4	1.54	3.696
$\frac{3}{4}$ "	20%	1.9	1.26	2.394
	50%	2.3	1.32	3.036
	100%	3.4	1.52	5.168
1 "	20%	1.8	0.93	1.674
	50%	2.1	1.21	2.541
	100%	2.9	1.42	4.118
1 $\frac{1}{2}$ "	20%	1.5	1.12	1.68
	50%	2.8	1.43	4.004
	100%	3.2	1.67	5.344

Pada Tabel 3 berbagai percobaan dilakukan dengan $\frac{1}{2}$ " dengan bukaan katup 20% menghasilkan 0.804 watt dan diameter nosel $\frac{3}{4}$ " mendapatkan angka watt tertinggi pada bukaan 100% 5.168 watt. Dari hasil ini berbanding lurus dengan kecepatan putaran yang dihasilkan bahwa semakin cepat putaran semakin besar daya listrik yang dihasilkan begitu pula sebaliknya.

Perhitungan Efisiensi juga dilakukan dari berbagai bukaan nosel pada tiap-tiap diameter nosel ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema diagram turbin pelton

Gambar 4 menunjukkan hubungan efisiensi untuk persentase bukaan nosel yang berbeda. Pada grafik terlihat jelas bahwa tampilan keseluruhan grafik menunjukkan tren menaik bukaan nosel yang berbeda. Dari beberapa variasi ukuran nosel menunjukkan tren efisiensi meningkat sekitar 2%. Efisiensi minimum didapat pada diameter nosel $\frac{1}{2}$ " terjadi karena lemahnya tumbukan air pada sudu turbin karena lemahnya posisi turbin. Pancaran air saat terjadi tumbukan hanya menyentuh pada ujung sudu sehingga menyebabkan lemahnya efisiensi turbin. Efisiensi maksimum terjadi pada diameter nosel $\frac{3}{4}$ ", hal tersebut terjadi akibat pancaran air menabrak langsung pada sudu ember dari turbin sehingga terjadi kesejajaran jatuhnya air pada sudu ember turbin dan mengakibatkan efisiensi dari putaran turbin meningkat [14]. Muatan air hasil dari pancaran air memenuhi pada area sudu ember turbin berpengaruh mengakibatkan efisiensi dan kinerja putaran pada turbin semakin baik [15].

5. Kesimpulan

Hasil dari percobaan pada eksperimen pengujian turbin menunjukkan hasil yang signifikan pada kinerja turbin. Pengaruh pancaran air dari penggunaan bukaan katup sangat mempengaruhi kinerja dan hasil efisiensi dari turbin. nilai tertinggi efisiensi didapat seluruhnya dari diameter nosel pada bukaan katup penuh atau 100%, dengan peningkatan efisiensi sekitar 2-5% dari masing-masing nosel. Hal tersebut juga dilihat secara signifikan hubungan meningkatnya putaran turbin (rpm) dengan daya dan efisiensi yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Syarief and H. Isworo, "SIMULASI TURBIN AIR KAPLAN PADA PLTMH DI SUNGAI SAMPANAHAN DESA MAGALAU HULU KABUPATEN KOTABARU," 2015.
- [2] Gupta Vishal, Khare Ruchi, And Prasad Vishnu, "Performance Evaluation Of Pelton Turbine: A Review," *HYDRO NEPAL*, No. 13, Pp. 28–35, Jul. 2013.
- [3] M. M. Alnakhlani, Mukhtar, D. A. Himawanto, A. Alkurtehi, And D. Danardono, "Effect Of The Bucket And Nozzle Dimension On The Performance Of A Pelton Water Turbine," *Mod Appl Sci*, Vol. 9, No. 1, Pp. 25–33, 2015, Doi: 10.5539/Mas.V9n1p25.
- [4] S. E. Lesmana, L. Kalsum, And T. Widagdo, "A Micro Hydro Pelton Turbine Prototype (Review Of The Effect Of Water Debit and Nozzle Angle To Rotation And Pelton Turbine Power)," In *Journal Of Physics: Conference Series*, Institute Of Physics Publishing, Mar. 2019. Doi: 10.1088/1742-6596/1167/1/012023.
- [5] F. G. Stamatelos, J. S. Anagnostopoulos, And D. E. Papantonis, "Performance Measurements On A Pelton Turbine Model," In *Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers, Part A: Journal Of Power And Energy*, May 2011, Pp. 351–362. Doi: 10.1177/2041296710394260.
- [6] H. A. Shah, G. C. Chaudhari, And V. D. Dhima, "Parametric Optimization & Design Of Pelton Turbine Wheel For Hydraulic Efficiency Improvement," In *Journal Of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Sep. 2021. Doi: 10.1088/1742-6596/2007/1/012019.
- [7] C. Zeng *Et Al.*, "Hydraulic Performance Prediction Of A Prototype Four-Nozzle Pelton Turbine By Entire Flow Path Simulation," *Renew Energy*, Vol. 125, Pp. 270–282, Sep. 2018, Doi: 10.1016/J.Renene.2018.02.075.
- [8] O. Rafae Alomar, H. Maher Abd, M. M. Mohamed Salih, And F. Aziz Ali, "Performance Analysis Of Pelton Turbine Under Different Operating Conditions: An Experimental Study," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 13, No. 4, Jun. 2022, Doi: 10.1016/J.Asej.2021.101684.
- [9] C. Buana, M. R. Djatal, I. Ikram, M. Iqbal, L. O. Musa, And L. Lewi, "Performance Analysis Of Micro Hydro Power Plants Using A Pelton Turbine With Two Nozzle Variations," *Przeglad Elektrotechniczny*, Vol. 99, No. 7, Pp. 84–88, 2023, Doi: 10.15199/48.2023.07.16.
- [10] S. Muniandy And N. A. Nik Aziz Bin, "Production Of Energy From Water Flow Output In Fish Tank," *Journal Of Undergraduate Research*, Vol. 2, No. 1, Pp. 21–30, Jan. 2020.
- [11] U. O. Ubasinachi, Hillary. O. Ani, And Divine. N. Utazi, "Design And Construction Of A Pelton Wheel Turbine For Power Generation," *Caritas Journal Of Physical And Life Sciences*, Vol. 1, No. 1, Pp. 40–53, 2022, [Online]. Available: www.Caritasuniversityjournals.Org
- [12] E. Quaranta, J. I. Pérez-Díaz, P. Romero-Gomez, And A. Pistocchi, "Environmentally Enhanced Turbines For Hydropower Plants: Current Technology And Future Perspective," *Frontiers In Energy Research*, Vol. 9. Frontiers Media S.A., Oct. 04, 2021. Doi: 10.3389/Fenrg.2021.703106.
- [13] H. Deng *Et Al.*, "Nozzle Jet Deviation From Bucket Pitch Circle's Effect On The Stability And Efficiency Of Pelton Turbine," *Processes*, Vol. 11, No. 5, May 2023, Doi: 10.3390/Pr11051342.
- [14] J. Liu, J. Pang, X. Liu, Y. Huang, And H. Deng, "Analysis Of Sediment And Water Flow And Erosion Characteristics Of Large Pelton Turbine Injector," *Processes*, Vol. 11, No. 4, Apr. 2023, Doi: 10.3390/Pr11041011.
- [15] D. Nedelcu, V. Cojocaru, And R. C. Avasiloaie, "Numerical Investigation Of Nozzle Jet Flow In A Pelton Microturbine," *Machines*, Vol. 9, No. 8, Aug. 2021, Doi: 10.3390/Machines9080158.