

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI *PROTOTYPE TURBIN PELTON* DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI JUMLAH & DIAMETER NOZZLE

PERFORMANCE COMPARISON ANALYSIS OF A PELTON TURBINE PROTOTYPE USING VARIATIONS IN NOZZLE QUANTITY AND DIAMETER

**¹Sandra Mayang Dika Ridwan, ²Adin, ³Munzir Qadri, ⁴Zulvan Yasin, ⁵Yudha
Setyawan**

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183

email : 1dosen102928@unpam.ac.id

ABSTRAK

Turbin pelton adalah sebuah turbin yang menggunakan *nozzle* sebagai pengatur arah aliran air ke sudu turbin yang berputar. Putaran sudu tubin dipengaruhi oleh beberapa parameter salah satunya adalah variasi jumlah dan diameter *nozzle*. Pada alat uji prestasi turbin pelton mahasiswa dapat mengetahui mengenai cara kerja alat prestasi turbin pelton dan dapat menghitung performansi dari alat uji prestasi turbin pelton. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung perbandingan performansi *prototype* alat uji turbin pelton dengan menggunakan jumlah dan variasi diameter *nozzle*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2024 – Mei 2025 dan dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Balikapapan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan memvariasikan jumlah dan diameter *nozzle*. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah 6 buah *nozzle* dengan 2 variasi diameter yaitu 10 mm dan 12 mm, variabel terikatnya yaitu performansi dari turbin pelton dan Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah beban yang di berikan sebesar 1 kg dan jumlah sudu sebanyak 12 buah. Hasil penelitian menunjukan bahwa torsi yang di hasilkan yaitu 0,2695 Nm nm, daya air tertinggi terjadi pada debit 30 lpm dengan nilai 15,41 watt sedangkan daya air terendah 10,03 watt untuk semua bukaan katup. sedangkan daya turbin tertinggi 9,45 dan daya turbin kemudian efisiensi tertinggi terjadi pada debit 26 LPM dengan diameter *nozzle* 9 & 11 mm sebesar 90,97 - 91,38 % 9.8 % dan efisiensi terendah terjadi pada *nozzle* 9 mm sebesar 22,15%.

Kata Kunci : Performansi Turbin Pelton, Variasi Diameter dan Jumlah Nozzle.

ABSTRACT

Pelton turbine is a turbine that uses a nozzle to control the direction of water flow to the rotating turbine blade. The rotation of the blades is influenced by several parameters, one of which is the variation in the number and diameter of the nozzle. In the Pelton turbine performance test tool, students can find out about how the Pelton turbine performance tool works and can calculate the performance of the Pelton turbine performance test tool. The purpose of this study is to calculate the performance comparison of the Pelton turbine prototype test equipment using the number and variations of nozzle diameter. This research was conducted in August 2024 – May 2025 and was carried out at the Energy Conversion Laboratory of the University of Balikapapan. The research method used was an experimental method by varying the number and diameter of nozzles. In this study, the independent variable was 6 nozzles with 2 variations in diameter, namely 10 mm and 12 mm, the dependent variable was the performance of the Pelton turbine and the control variables in this study were the load given of 1 kg and the number of blades as many as 12 pieces. The results showed that the torque produced was 0.2695 Nm nm, the highest water power occurred at a discharge of 30 lpm with a value of 15.41 watts, while the lowest water power was 10.03 watts for all valve openings. while the highest turbine power was 9.45 and turbine power then the highest efficiency occurred at 26 LPM with a nozzle diameter of 9 & 11 mm of 90.97 - 91.38% 9.8% and the lowest efficiency occurred at 9 mm nozzle at 22.15%.

Keywords : Pelton Turbine Performance, Diameter Variation and Number of Nozzles.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber kebutuhan manusia yang harus terpenuhi untuk menghidupkan peralatan, perabotan dan benda benda lainnya yang membutuhkan energi listrik agar dapat berfungsi. Disisi lain energi listrik juga

berperan penting dalam menggerakkan roda perekonomian.[1] Seiring Kemajuan zaman, Permintaan terhadap energi listrik kian meningkat, dikarenakan hampir semua peralatan dan perabotan digerakkan menggunakan energi listrik. Disisi lain meningkatnya permintaan terhadap energi ini akan menjadi beban yang memiliki karakteristik elektrik baru. [2]Salah satu pengaruhnya adalah permasalahan daya listrik yang dihantarkan. Kualitas listrik sendiri memiliki tiga parameter yakni tegangan, arus dan frekuensi listrik. Bila terjadi penyimpangan nilai pada salah satu dari ketiga tersebut akan memperburuk kualitas listrik yang dihantarkan. [3]

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber tenaga air yang sangat melimpah. Namun keberadaan akan energi tersebut tidak sepenuhnya dapat di manfaatkan dengan baik karena sampai saat ini Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi listriknya. [4] Pembangkit listrik tenaga air atau PLTA adalah salah satu pemanfaatan dari energi air yang dapat di gunakan, baik dalam skala besar maupun skala kecil. [5] Pembangkit listrik tenaga air memiliki keunggulan yaitu tidak menyebabkan polusi dan tidak mencemari lingkungan bila di kelola dengan baik. Hal ini tentu saja bertolak belakang dengan pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil karena penggunaan bahan bakar tersebut dapat menyebabkan polusi dan merusak lingkungan sekitar. [6]

Pemanfaatan energi air sebagai sumber energi terbarukan telah menjadi perhatian global seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi dan kesadaran terhadap dampak negatif dari penggunaan energi fosil. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah energi dan lingkungan. [7] Teknologi yang digunakan pada PLTA, seperti turbin air, berperan penting dalam mengonversi energi potensial air menjadi energi listrik. Salah satu jenis turbin yang banyak digunakan dalam PLTA adalah turbin Pelton, terutama pada lokasi dengan jatuh air yang tinggi dan debit air yang relatif kecil. [8]

Turbin Pelton adalah jenis turbin impuls yang menggunakan energi kinetik air untuk menggerakkan roda turbin. Prinsip dasar dari turbin ini adalah memanfaatkan kecepatan air yang dihasilkan dari jatuh air tinggi (head). Aliran air berkecepatan tinggi dari nozel diarahkan ke sudu-sudu (bucket) yang terpasang di sekitar roda turbin. Gaya impuls yang ditimbulkan oleh aliran air menyebabkan roda turbin berputar, yang kemudian diteruskan ke generator untuk menghasilkan listrik.

listrik yang dapat dikembangkan di Indonesia mengingat Indonesia memiliki potensi yang cukup untuk memanfaatkan energi tersebut. [1] Turbin pelton menghasilkan listrik dengan cara mengubah energi potensial dari kecepatan *nozzle* menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros turbin. Setelah itu poros turbin di kopel dengan generator untuk dapat menghasilkan listrik. Salah satu komponen utama dari turbin pelton adalah *nozzle dan Blade*. *Nozzle* berfungsi untuk meneruskan energi tekan dari air menjadi energi kecepatan. [3] *Nozzle* akan meneruskan air yang setelah itu akan membentur sudu (*Blade*) turbin dan akan menyebabkan turbin berputar. Salah satu faktor penting dalam efisiensi dan kinerja turbin Pelton adalah desain nozel. [9] Nozel berfungsi untuk mengarahkan air dengan kecepatan dan arah yang tepat ke sudu-sudu turbin. Desain dan konfigurasi nozel dapat memengaruhi performa turbin secara keseluruhan. Dalam sistem turbin Pelton, jumlah dan diameter nozel yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan putar roda turbin, torsi yang dihasilkan, dan efisiensi konversi energi. [10]

Variasi jumlah dan diameter nozel dapat memengaruhi distribusi aliran air ke sudu-sudu turbin. [11] Dalam turbin Pelton yang dirancang untuk kondisi ideal, sudu turbin harus menerima aliran air pada sudut yang tepat untuk mengoptimalkan transfer energi kinetik dari air ke roda turbin. Dengan demikian, pengaturan jumlah dan diameter nozel perlu disesuaikan dengan kondisi operasional seperti debit air dan head yang tersedia, agar performa turbin dapat dioptimalkan. [12]

Pengembangan prototype turbin Pelton dalam skala laboratorium adalah langkah awal yang penting untuk menguji berbagai faktor desain yang dapat mempengaruhi performa turbin. [13] Prototype memungkinkan para peneliti untuk melakukan simulasi dan eksperimen dalam kondisi yang terkontrol, sehingga dapat mengevaluasi berbagai parameter operasional turbin secara detail. Dalam penelitian ini, fokus utama adalah menganalisis perbandingan performa prototype turbin Pelton dengan menggunakan variasi jumlah dan diameter nozel. [11] Prototype ini akan diuji dalam berbagai skenario untuk melihat bagaimana perubahan jumlah nozel (misalnya 1, 2, 3, atau lebih) serta variasi diameter nozel (misalnya nozel dengan diameter kecil, sedang, dan besar) dapat memengaruhi parameter performa utama seperti kecepatan putar roda turbin, daya yang dihasilkan, dan efisiensi sistem.

Dengan adanya prototype, data empiris dapat dikumpulkan untuk mengevaluasi seberapa besar dampak variasi tersebut terhadap performa turbin. Data ini kemudian

dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan desain turbin Pelton yang lebih efisien dan dapat beroperasi secara optimal di berbagai kondisi. Alat uji prestasi turbin pelton merupakan suatu hal yang baru di kalangan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang PSDKU Serang dikarenakan belum adanya alat uji seperti itu. Pada alat uji prestasi turbin pelton mahasiswa dapat mengetahui mengenai cara kerja alat prestasi turbin pelton dan dapat menghitung performansi dari alat uji prestasi turbin pelton. Berdasarkan uraian di atas maka penulis membahas judul penelitian “**Analisis Perbandingan Performansi Prototype Alat Uji Turbin Pelton Dengan Variasi Jumlah dan Diameter Nozzle**”.

II. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah dan perumusan tujuan, yang berfokus pada kebutuhan untuk mengetahui pengaruh jumlah dan diameter nozzle terhadap performa prototipe turbin Pelton.

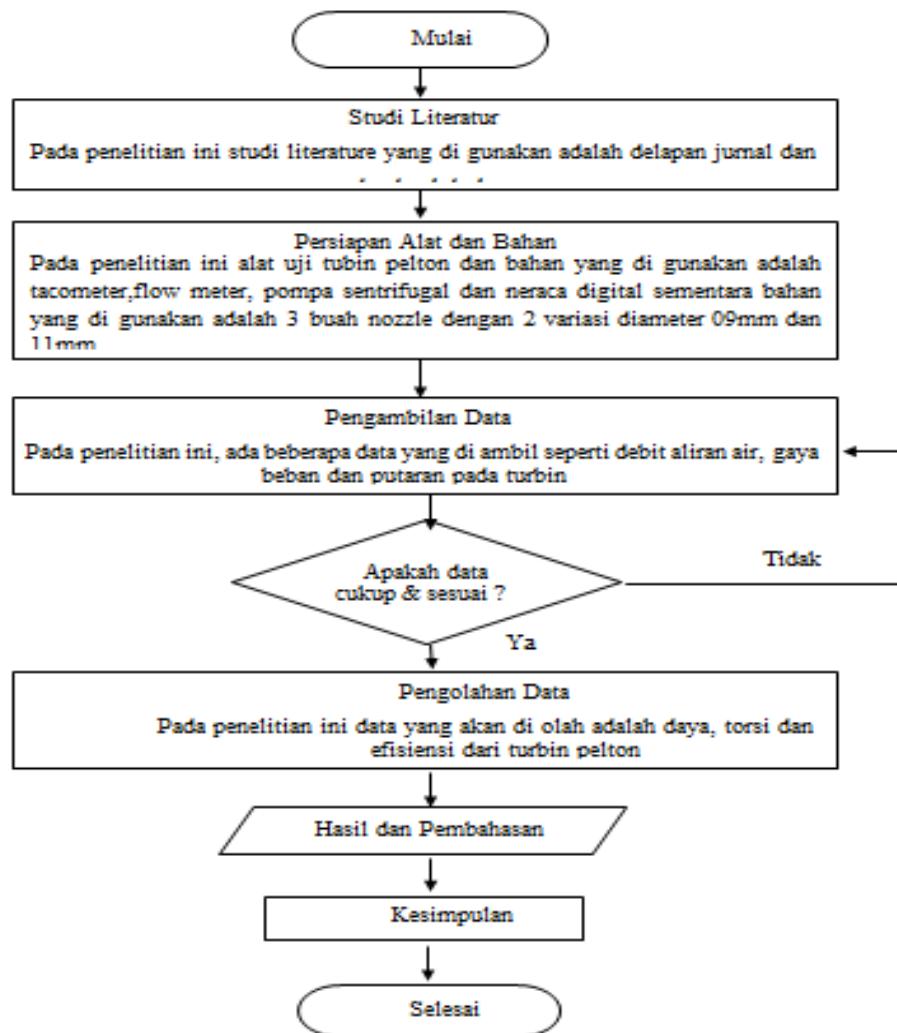
Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi mengenai prinsip kerja turbin Pelton, karakteristik aliran air, serta parameter performa seperti daya keluaran dan efisiensi.

Setelah itu, proses dilanjutkan ke tahap perancangan dan pembuatan prototipe turbin Pelton. Pada tahap ini, prototipe dirancang dengan spesifikasi teknis tertentu, termasuk kemungkinan penggantian jumlah dan diameter nozzle sebagai variabel pengujian.

Prototipe yang telah selesai kemudian diuji menggunakan beberapa konfigurasi nozzle yang berbeda, baik dari segi jumlah maupun diameter. Data performa turbin dikumpulkan melalui pengujian eksperimen, di mana setiap konfigurasi nozzle diuji untuk mengukur kecepatan putar, daya keluaran, serta efisiensi mekanis turbin.

Hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan metode komparatif untuk menentukan konfigurasi nozzle yang memberikan performa optimal.

Tahap akhir dari penelitian adalah penyimpulan dan rekomendasi. Kesimpulan ditarik berdasarkan data hasil pengujian, sedangkan rekomendasi diberikan untuk pengembangan turbin Pelton skala kecil yang lebih efisien di masa mendatang. Seluruh proses penelitian digambarkan secara sistematis dalam diagram alir untuk menunjukkan alur kerja yang logis dan terstruktur. Dapat dilihat pada Diagram lir berikut ini :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Gambar 1 Menjelaskan tahap awal yaitu identifikasi masalah, dilanjutkan dengan studi literatur.

1. Dalam studi literatur, peneliti mengumpulkan referensi dari delapan jurnal dan literatur lainnya yang berkaitan dengan turbin Pelton, karakteristik aliran air, serta parameter performansi turbin seperti daya, torsi, dan efisiensi.
2. Setelah pemahaman teoritis diperoleh, tahap berikutnya adalah persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan meliputi unit uji turbin Pelton, takometer untuk mengukur kecepatan putar, flow meter untuk mengukur debit air, pompa sentrifugal sebagai sumber aliran, serta neraca digital untuk pengukuran gaya. Penelitian ini menggunakan 3 buah nozzle dengan dua variasi diameter, yaitu 9 mm dan 11 mm, sebagai variabel utama pengujian.

3. Selanjutnya, dilakukan pengambilan data eksperimen. Data yang dikumpulkan meliputi debit aliran air, gaya beban, dan putaran turbin. Data-data ini menjadi dasar dalam evaluasi performansi turbin.
4. Setelah data dikumpulkan, dilakukan evaluasi terhadap kecukupan dan kesesuaian data. Jika data dianggap belum mencukupi, maka proses pengambilan data diulang. Jika data sudah cukup dan sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap pengolahan data.
5. Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan diolah untuk memperoleh nilai daya, torsi, dan efisiensi turbin Pelton pada berbagai konfigurasi nozzle. Hasil pengolahan data kemudian dianalisis dan dijabarkan dalam bagian hasil dan pembahasan, yang membandingkan performa dari setiap variasi jumlah dan diameter nozzle.
6. Akhirnya, penelitian ditutup dengan penarikan kesimpulan, di mana dirumuskan konfigurasi nozzle yang paling optimal berdasarkan hasil pengujian. Proses penelitian kemudian dinyatakan selesai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan diatas dan mengacu pada tujuan penelitian sebelumnya dapat ditarik beberapa data sebagai bahasan pada penelitian ini, sebagai berikut:

Pengaruh pengaturan debit air (Q) terhadap nilai performansi

Tabel 1. Nilai performasi berdasarkan pengaturan debit (Q)

Diameter Nozzle : 9 mm				
1 katup				
Debit	Daya air (watt)	Daya Turbin (watt)	Eff. Turbin	%
26	10,03	9,17		91,4
28	12,53	9,31		74,3
30	15,41	9,45		61,3

2 katup				
Debit	Daya air watt	Daya Turbin watt	Eff. Turbin	effisiensi
26	10,03	4,76		47,43
28	12,53	4,76		37,98
30	15,41	5,05		32,76

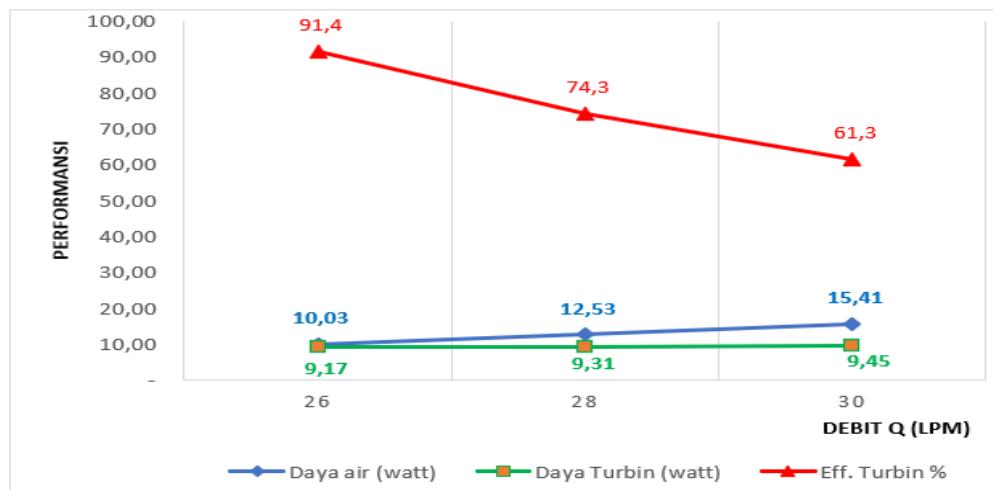
3 katup				
Debit	Daya air watt	Daya Turbin watt	Eff. Turbin	effisiensi
26	10,03	3,31		32,98
28	12,53	3,29		26,27
30	15,41	3,41		22,15

Diameter Nozzle : 11 mm				
1 katup				
Debit	Daya air	Daya Turbin	Eff. Turbin	effisiensi
LPM	watt	watt		
26	4,50	4,09		90,97
28	5,62	4,51		80,37
30	6,91	4,74		68,61

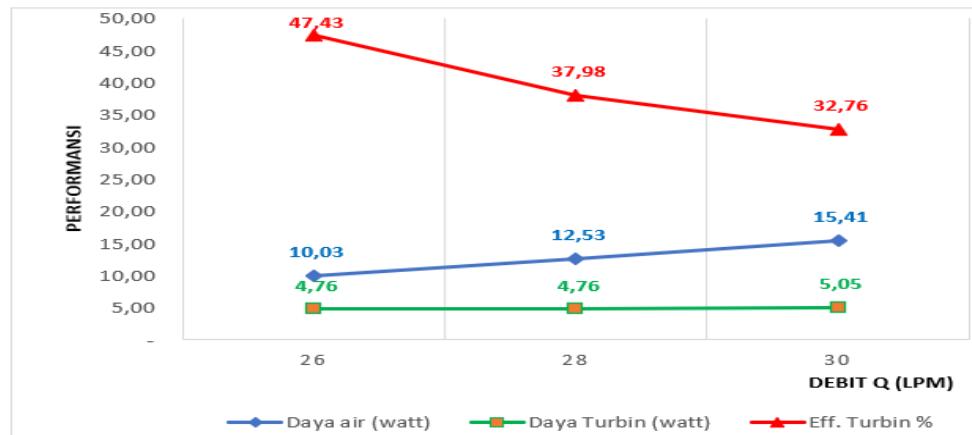
2 katup				
Debit	Daya air	Daya Turbin	Eff. Turbin	effisiensi
LPM	watt	watt		
26	4,50	3,59		79,87
28	5,62	3,81		67,81
30	6,91	4,12		59,63

3 katup				
Debit	Daya air	Daya Turbin	Eff. Turbin	effisiensi
LPM	watt	watt		
26	4,50	3,18		70,71
28	5,62	3,33		59,28
30	6,91	3,48		50,40

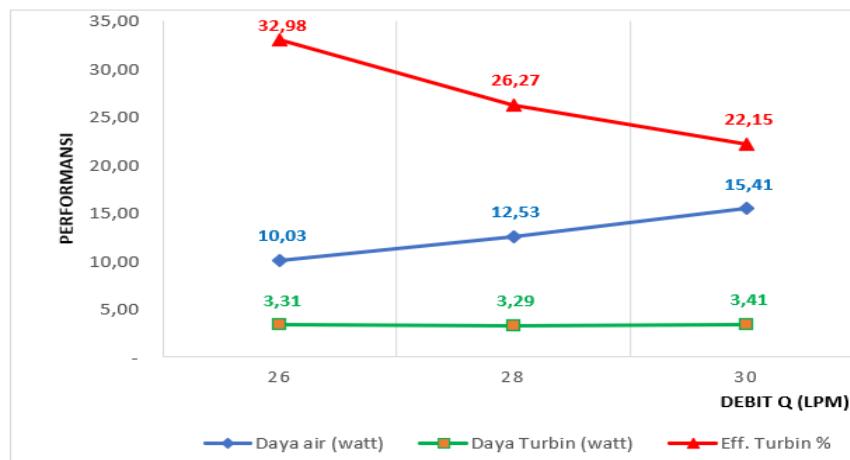
Berdasarkan data tabel 1 diatas dapat diuraikan beberapa penjelasan untuk nozzle diameter 9 mm dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 1 katup pada diameter nozzle 9 mm

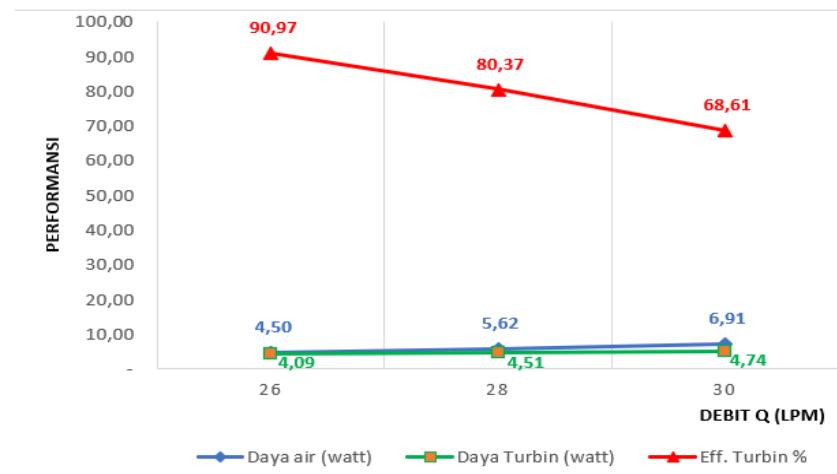


Gambar 3 Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 2 katup pada diameter nozzle 9 mm.

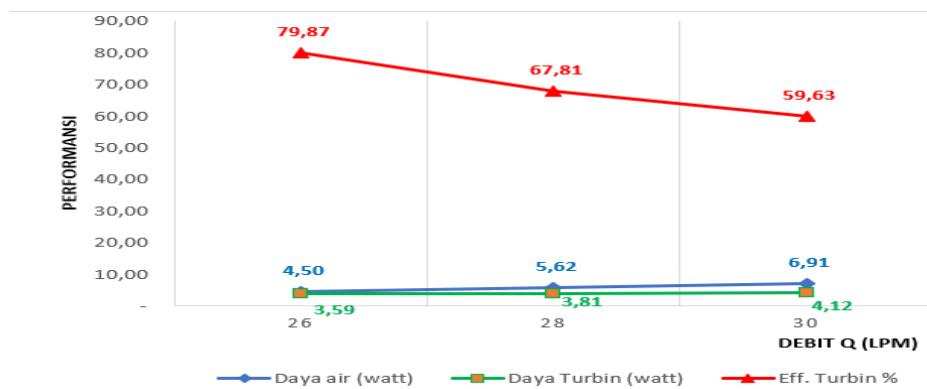


Gambar 4 Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 3 katup pada diameter *nozzle* 9 mm

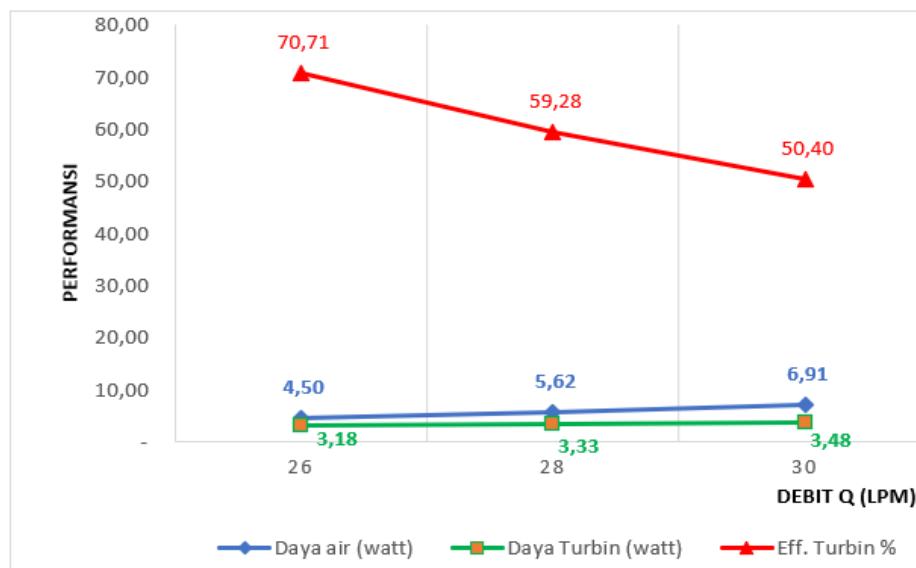
Sedangkan untuk nozzle dengan diameter 11 mm dapat dijelaskan dalam grafik berikut:



Gambar 5 Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 1 katup pada diameter *nozzle* 11 mm



Gambar 6 Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 2 katup pada diameter *nozzle* 11 mm



Gambar 7. Grafik hubungan debit air dengan performansi untuk bukaan 3 katup pada diameter *nozzle* 11 mm

Berdasarkan data pada tabel 1 serta grafik pada gambar 2 sampai dengan grafik pada gambar 7 memperlihatkan bahwa: Semakin tinggi pengaturan debit air diberikan maka semakin menurun efisiensi turbin dan semakin meningkat daya air yang mengalir serta semakin meningkat daya turbin. Hal ini terjadi pada setiap bukaan katup dan kedua ukuran *nozzle* yang digunakan baik itu diameter 9 mm maupun diameter 11 mm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Performansi dari alat prestasi turbin pelton adalah sebagai berikut, Torsi yang dihasilkan pada alat prestasi turbin pelton adalah $0,2695 \text{ Nm}$ dan Semakin besar debit air dan semakin kecil diameter *nozzle* yang digunakan maka semakin meningkat daya air (P_a) dan daya turbinnya (P_t). Hal terjadi untuk semua pengaturan debit (Q). Daya air terbesar terjadi pada debit air 30 LPM untuk semua bukaan katup dengan nilai sebesar 15,41 watt, dan daya air terendah terjadi pada 10,03 watt untuk semua bukaan katup. Daya turbin tertinggi terjadi pada bukaan 1 katup dengan debit 30 LPM dengan diameter 9 mm sebesar 9,45 watt, sedang daya turbin terendah pada bukaan 3 katup dengan debit 26 LPM dengan diameter *nozzle* 11 mm yaitu sebesar 3,18 watt. Namun sebaliknya semakin besar debit air

dan semakin kecil diameter nozzle yang digunakan semakin rendah pula efisiensi turbinnya. Efisiensi turbin tertinggi terjadi pada bukaan 1 katup dengan debit 26 LPM dengan diameter *nozzle* 9 & 11 mm sebesar 90,97 - 91,38 %, sedang efisiensi turbin terendah terjadi pada bukaan 3 katup dengan diameter *nozzle* 9 mm sebesar 22,15%.

B. SARAN

1. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics) guna memvisualisasikan distribusi aliran jet air pada masing-masing konfigurasi nozzle agar diperoleh data lebih detail.
2. Perlu dilakukan pengujian dengan variasi tekanan air input yang berbeda, agar diketahui pengaruh tekanan terhadap kinerja turbin dengan setiap konfigurasi nozzle.
3. Penggunaan material sudu turbin yang lebih ringan dan tahan korosi dapat meningkatkan efisiensi dan umur pakai dari prototipe turbin Pelton.
4. Disarankan juga pengujian jangka panjang untuk mengetahui kestabilan dan ketahanan sistem terhadap keausan dan vibrasi akibat perubahan debit air.
5. Penelitian lebih lanjut dapat mempertimbangkan variasi sudut penyemprotan dan bentuk nozzle untuk memaksimalkan transfer energi dari jet air ke sudu turbin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agustin, D., & Pratama, H. (2019). *Simulasi Kinerja Rem Cakram Sepeda Motor pada Berbagai Kondisi Cuaca dan Jalan*. Jurnal Rekayasa Mesin dan Otomotif, 11(1), 95–102.
2. Assauri, S., Margianto, & Marlina, E. (2017). *Pengaruh Variasi Jumlah Nozzle Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan Pelton*.
3. Budiarsa, I.M., & Ristianto, P. (2018). *Pengaruh Variasi Sudut Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin Unud, 7(2), 157–163.
4. Hadi, F., & Sugiyono. (2017). *Analisis Perbandingan Efisiensi Turbin Pelton Menggunakan Dua dan Tiga Nosel*. Jurnal Mekanikal, 8(1), 45–52.
5. Mustofa, A.B.M. (2017). *Pengaruh Jumlah dan Diameter Nozzle terhadap Putaran dan Daya pada Turbin Pelton*. Ponorogo: Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
6. Rizki, M. (2019). *Analisis Performansi Alat Uji Turbin Pelton Dengan Variasi Jumlah dan Diameter Nozzle Pada Laboratorium Teknik Mesin Program Studi*

Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan. Balikpapan: Universitas Balikpapan.

7. Rosmiati, & Yani, A. (2017). *Pengaruh Variasi Diameter Nosal Terhadap Torsi dan Daya Turbin Air.* Vol. 6 No. 1. p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X.
8. Saputra, Y., & Damanik, A. (2020). *Pengaruh Diameter Nosal Terhadap Torsi dan Efisiensi Turbin Pelton Mikrohidro.* Jurnal Energi dan Manufaktur, 12(1), 34–40.
9. Setiawan, H., & Rahman, F. (2019). *Desain Turbin Pelton Skala Mini dengan Variasi Tekanan Air.* Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 6(3), 112–119.
10. Siahaan, A.K. (2018). *Pengaruh Jumlah Nozzle Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton.* Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
11. Tampubolon, A.F.P., & Sitepu, T. (2014). *Performansi Turbin Pelton Dengan 26 Sudu Pada Head 5,21 Meter dengan Menggunakan Satu Buah Nosal dan Analisa Perbandingan Menggunakan Variasi Bentuk Sudu.* Jurnal e-Dinamis, Volume 8, No. 4, Maret 2014. ISSN 2338-1035.
12. Wibowo, T., & Suryanto, H. (2021). *Studi Eksperimental Efek Jumlah Nosal pada Turbin Pelton Terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan.* Jurnal Rekayasa Mesin, 15(2), 89–96.
13. Yani, A. (2017). *Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi dan Daya yang Dihasilkan.* Vol. 6 No. 1. p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X.