

Analisis Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Pelton

Selasiah^{1*}, Shinta Tri Kismanti², Sudirman³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ¹selasiahsela@gmail.com, ²kismanti88@gmail.com, ³sudirman_dhuha@borneo.ac.id
*Corresponding author**

ABSTRACT

The research focused on the effect of lamp variations on the performance of Pelton turbines which include power, torque, generator rotation and turbine rotation, as well as the resulting efficiency. The research used an experimental method that involves the testing of load variations using LED lights with wattages of 3 watt, 5 watt, and 7 watt. The results of the research were presented in the form of graphs, then compared so that the effect of workload variations on Pelton turbines. The tests were conducted and the results showed that the highest turbine rotation of 1917.1 rpm achieved at a load of 7 watts, while the lowest rotation of 1156.9 rpm at a load of 3 watts. While the generator rotation shows the highest rotation of 1858.8 rpm at a load of 7 watts and the lowest 1222 rpm at a load of 3 watts. The generator electrical power reached the highest value of 0.314 watts at 5 watts load, while the highest efficiency of 10.29% was also achieved at 5 watts load. Thus, the greater the workload given, the higher the rotation produced, the voltage decreases, and the greater the power required.

Keywords: *efficiency, electrical power, load variation, mhp, pelton turbine*

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi lampu sebagai beban terhadap kinerja Turbin Pelton yang meliputi daya, torsi, putaran generator dan putaran turbin, serta efisiensi yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pengujian variasi beban menggunakan lampu LED daya 3 watt, 5 watt dan 7 watt. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik, kemudian dibandingkan sehingga akan terlihat pengaruh variasi beban kerja terhadap turbin pelton. Dari pengujian yang telah dilakukan dan mendapatkan hasil putaran turbin tertinggi sebesar 1917,1 rpm dicapai pada beban 7 watt, sementara putaran terendah sebesar 1156,9 rpm pada beban 3 watt. Sedangkan putaran generator menunjukkan putaran tertinggi 1858,8 rpm pada beban 7 watt dan terendah 122,2 rpm pada beban 3 watt. Daya listrik generator mencapai nilai tertinggi 0,314 watt pada beban 5 watt, sedangkan efisiensi tertinggi sebesar 10,29% juga dicapai pada beban 5 watt. Dengan demikian semakin besar beban kerja yang diberikan maka putaran yang dihasilkan semakin tinggi, tegangan semakin berkurang, dan daya yang dibutuhkan juga semakin besar.

Kata Kunci: daya listrik, efisiensi, pltm, turbin pelton, variasi beban

I. PENDAHULUAN

Energi berperan penting dalam kehidupan, tidak hanya untuk penopang kegiatan dan ekonomi tetapi juga untuk keberlanjutan lingkungan. Sebagai sumber daya yang tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan, energi juga merupakan peran utama dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Salah satu tantangan yang dihadapi oleh banyak negara, termasuk Indonesia yaitu meningkatnya kebutuhan energi, terutama listrik yang disertai dengan meningkatnya jumlah penduduk, sehingga berdampak pada konsumsi energi listrik yang semakin bertambah setiap tahunnya. Karena _____

meningkatnya kebutuhan energi yang tidak disertai dengan distribusi yang merata, banyak daerah pedalaman dan terpencil di Indonesia masih belum mendapatkan pasokan listrik yang memadai. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan suplai listrik yang belum menjangkau wilayah-wilayah tersebut. Oleh karena itu, melihat dari situasi ini mendorong pentingnya pengembangan sumber energi alternatif yang dapat diandalkan, terutama untuk daerah-daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN.

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan memanfaatkan energi terbarukan, seperti pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM). Energi terbarukan tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga lebih berkelanjutan dibandingkan dengan energi fosil yang cadangannya semakin berkurang dan dampak lingkungannya yang merugikan. Ainurrahman [1] berpendapat bahwa energi terbarukan merupakan solusi terbaik untuk memenuhi daya listrik yang dihasilkan oleh sistem.

Irawan Hery, dkk [2] telah melakukan penelitian mengenai performa sistem turbin pelton dengan variasi bukaan katup dan beban lampu yang berbeda-beda, yaitu 3 watt, 5 watt, 9 watt, dan 12 watt. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa daya listrik maksimum dihasilkan pada beban lampu 9 watt dengan bukaan katup 90°, di mana daya yang dihasilkan mencapai 1,761 watt dan semakin besar bukaan katup maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi beban terhadap kinerja Turbin Pelton dan komponen yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah pemberian beban pada sistem, di mana beban ini diterapkan pada pulley yang terhubung dengan poros turbin. Dalam instalasi sistem Turbin Pelton, beban listrik diaplikasikan melalui bola lampu yang dihubungkan dengan generator. Sistem instalasi listrik ini mengalirkan daya dari generator yang akan menghasilkan arus listrik, kemudian arus ini disalurkan ke beban kerja bola lampu sebagai pengujian pembebanan pada turbin.

Dengan adanya hasil kajian yang sudah dilakukan tentang kajian pengaruh variasi beban terhadap kinerja turbin pelton, demi meningkatnya potensi pembangkit listrik tenaga air, maka dari uraian di atas maka dilakukanlah penelitian analisis pengaruh variasi beban terhadap kinerja generator turbin pelton. Analisa ini dilakukan pada Turbin Pelton yang dirancang dan dibuat oleh tim turbin di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Mesin Universitas Borneo Tarakan.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dijalani oleh peneliti dalam hal mencari pengaruh variasi beban terhadap kinerja turbin pelton yang terdiri dari studi lapangan dan studi literatur; persiapan alat dan bahan; perancangan alat uji; dan metode pengujian.

1. Studi Lapangan dan Studi Literatur

Turbin adalah sebuah mesin yang berfungsi sebagai penggerak utama dengan cara menggunakan energi dari aliran fluida seperti air atau gas. Ketika fluida tersebut mengalir melalui turbin, maka menyebabkan baling-baling di dalamnya berputar. Putaran baling-baling ini kemudian digunakan untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk memutar roda turbin. Roda turbin, yang terletak di dalam rumah turbin, memiliki peran penting dalam mengubah energi kinetik dari aliran fluida menjadi energi mekanis. Roda turbin ini terhubung dengan poros daya, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menggerakkan berbagai macam perangkat seperti generator, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya.

Turbin Pelton adalah jenis turbin impuls yang mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik untuk menghasilkan energi listrik melalui pancaran air. Pancaran air ini diterima oleh sudu-sudu pada roda turbin, menyebabkan roda tersebut berputar dan menghasilkan daya pada porosnya. Putaran poros turbin ini selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator. Pada saat turbin Pelton mengubah energi potensial menjadi kecepatan aliran air, sehingga nozzle dengan kecepatan tinggi mengarahkan air untuk membentur sudu-sudu pada turbin. Ketika air mengenai sudu-sudu ini, momentumnya berubah (impuls), sehingga roda turbin berputar, hal ini menyebabkan konversi energi potensial air menjadi energi mekanis yang kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator Irsan Abdurahmansyah dkk [3].

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin yang mengubah atau mengkonversi energi potensial air menjadi energi kinetik, pada aliran air yang berasal dari sumber aliran yang dialirkan melalui pipa penyalur, menuju turbin Pelton sebelum akhirnya dikeluarkan melalui nozzle. Dalam hal ini nozzle memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan diameter pipa penyalur, sehingga saat air yang keluar melalui nozzle yang memiliki diameter lebih kecil mengalami peningkatan kecepatan aliran air secara signifikan. Kecepatan ini mempercepat semburan air yang keluar sehingga air dapat menumbuk sudu-sudu pada turbin Pelton dengan gaya impuls yang besar, sehingga gaya impuls ini mendorong roda turbin yang menyebabkan runner berputar.

Putaran yang dihasilkan oleh tumbukan air pada sudu-sudu ini kemudian ditransmisikan melalui poros turbin untuk menggerakkan generator sehingga ketika generator berputar akan menghasilkan arus listrik pada kumparan-kumparan di dalam generator dan akan diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk memasok kebutuhan listrik pada berbagai aplikasi seperti industri dan pedesaan.

Pembebanan pada turbin Pelton merupakan pembebanan yang diberikan pada pully yang terhubung dengan poros turbin dan digunakan untuk menggerakkan turbin. Proses ini menghasilkan energi mekanis yang kemudian dialirkan melalui instalasi kelistrikan yang dibuat untuk mengevaluasi daya listrik dan output yang dihasilkan oleh turbin. Instalasi kelistrikan ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk generator yang berfungsi mengubah energi mekanis dari turbin menjadi energi listrik. Generator menghasilkan arus listrik yang kemudian dialirkan melalui sistem transmisi atau kabel listrik menuju beban kerja, seperti lampu atau peralatan lainnya Firmansyah [4].

2. Persiapan Alat dan Bahan

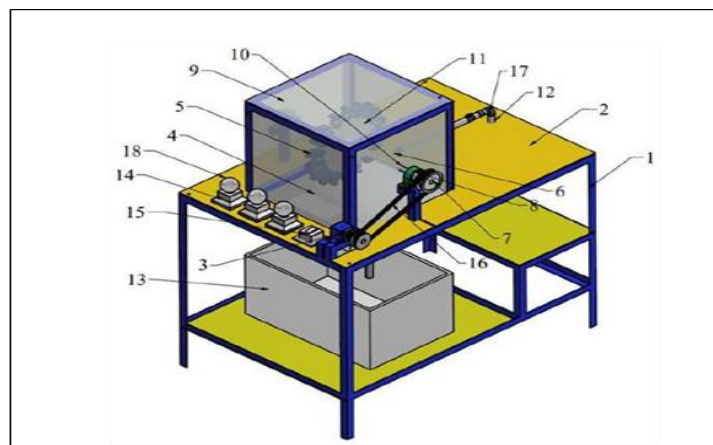
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Turbin Pelton	1 Unit
2	Multimeter	1 Unit
3	<i>Tachometer</i>	1 Unit

Tabel 2. Bahan yang digunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Generator	1 Unit
2	Air	Liter
3	Lampu LED	3 Unit
4	Kabel	2 Unit
5	Selotip	1 Unit
6	Triplex	1 Unit



Gambar 1. Turbin Pelton

Keterangan :

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1. Rangka Turbin | 10. Batang Poros |
| 2. Dudukan Turbin | 11. <i>Runner</i> Turbin |
| 3. Generator DC | 12. Pipa PVC |
| 4. Cerebong Air | 13. Bak Penampung Air |
| 5. Sudu Turbin | 14. <i>Fitting</i> Lampu |
| 6. <i>Nozzle</i> | 15. Saklar Lampu |
| 7. <i>Pully</i> | 16. <i>V-Belt</i> |
| 8. <i>Bearing</i> | 17. Elbow |
| 9. Akrilik | 18. Lampu |

3. Perancangan Alat Uji

Rancangan turbin Pelton yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1.

4. Metode Pengujian

Analisis data pengujian yang dilakukan adalah nilai torsi, daya hidrolis, daya generator, dan efisiensi sistem.

a. Torsi

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} \quad (1)$$

dimana:

T = Momentum Torsi (Nm)

P = Daya (Watt)

N = Jumlah Putaran (rpm)

b. Daya Hidrolis

$$Pa = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (2)$$

dimana:

Pa = Daya Air (Watt)

ρ = Massa jenis air = 998 (kg/m³)

Q = Debit Air (m³/s)

v = Kecepatan aliran (m/s)

c. Daya Generator

$$Pg = V \cdot I \quad (3)$$

dimana:

Pg = Daya Keluaran Generator (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

d. Efisiensi Sistem

$$\eta_{PLTMH} = \frac{Pg}{Ph} \times 100\% \quad (4)$$

dimana:

η_{PLTMH} = Efisiensi Sistem (%)

Pg = Daya Generator (Watt)

Ph = Daya Hidrolis (Watt)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah didapatkannya data, kemudian peneliti melaksanakan perhitungan daya pompa, daya hidrolis, dan efisiensi pompa menggunakan rumus yang tertera di persamaan (2), (3), (4).

Tabel 3. Hasil Pengujian Peforma Turbin

Variasi Beban	Debit Aliran (m^3/s)	Daya Hidrolis (Watt)	Daya Generator (Watt)	Efisiensi (%)
3 Watt	0,00021	3,12	0,308	9,87
5 Watt	0,00021	3,12	0,314	10,06
7 Watt	0,00021	3,12	0,312	10

1. Perhitungan Torsi Generator

Torsi merupakan sebuah besaran gaya yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Untuk menghitung torsi menggunakan persamaan (1).

- a. Perhitungan torsi pada beban 3 watt

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{0,308}{2\pi \frac{1220,2}{60}} = \frac{0,308}{127,78} = 0,00241 \text{ Nm}$$

Sehingga torsi yang dihasilkan pada beban 3 watt yaitu sebesar 0,00241 Nm.

- b. Perhitungan torsi pada beban 5 watt

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{0,314}{2\pi \frac{1617,5}{60}} = \frac{0,314}{169,38} = 0,00185 \text{ Nm}$$

Maka didapatkan nilai torsi dari beban 5 watt yaitu sebesar 0,00185 Nm.

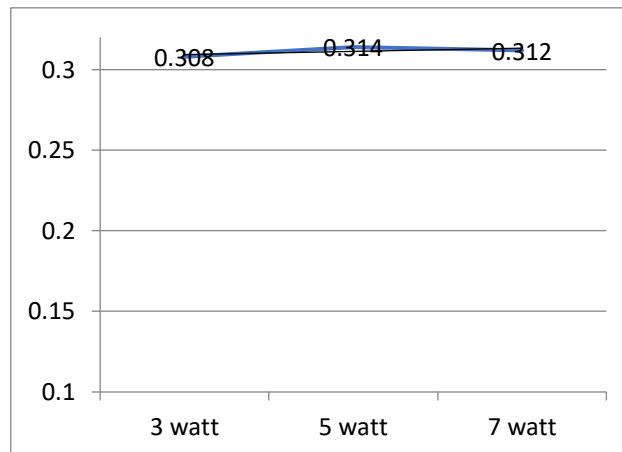
- c. Perhitungan torsi pada beban 7 watt

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{0,312}{2\pi \frac{1858,8}{60}} = \frac{0,312}{194,65} = 0,00160$$

Sehingga didapatkan nilai torsi pada beban 7 watt sebesar 0,00160 Nm.

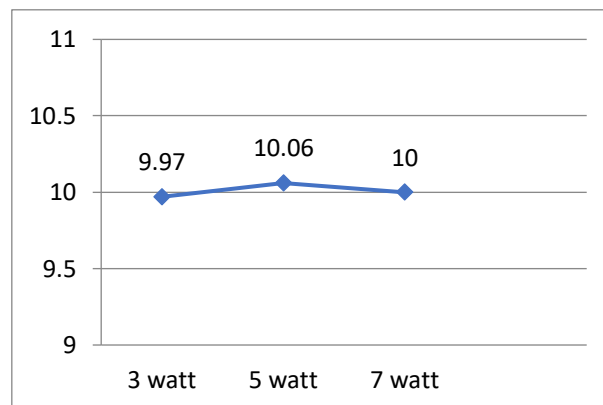
2. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Daya Generator

Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh variasi beban terhadap daya listrik generator di mana semakin besar beban yang diberikan, daya listrik generator yang dihasilkan tetap stabil dan konstan, namun sedikit menurun pada beban yang lebih tinggi. Di mana pada beban 3 watt menghasilkan 0,308 watt, beban 5 watt menghasilkan 0,314 watt dan pada beban 7 watt menghasilkan 0,312 watt, dalam pengujian ini menunjukkan nilai tertinggi pada beban 5 watt dan nilai terendah pada beban 3 watt.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Daya Listrik Beban Generator

3. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi

Gambar 3 menunjukkan grafik pengaruh variasi beban terhadap efisiensi sistem pembangkit listrik turbin pelton. Efisiensi tersebut merupakan perbandingan daya keluar yang dihasilkan oleh generator terhadap daya hidrolis. Pada grafik tersebut dapat dilihat hasil dari pengujian variasi beban kerja/ lampu secara berurutan, di mana didapatkan hasil dari beban 3 watt sebesar 9,87%, beban 5 watt 10,06% dan pada beban 7 watt 10%. Nilai efisiensi tertinggi pada beban 5 watt dan nilai efisiensi terendah pada beban 3 watt.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian analisis data dan pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai dari putaran Turbin Pelton tertinggi pada beban kerja lampu 7 watt yaitu sebesar 1917,1 rpm dan nilai putaran terendah pada beban kerja lampu 3 watt yaitu sebesar 1156,9 rpm. Hal ini terjadi karena semakin besar beban yang diberikan maka semakin meningkat kecepatan putaran turbin yang dihasilkan.
2. Nilai dari putaran generator tertinggi pada beban kerja lampu 7 watt yaitu sebesar 1858,8 rpm dan nilai putaran terendah pada beban kerja lampu 3 watt yaitu sebesar 122,2 rpm. Hal ini terjadi karena semakin besar beban yang diberikan maka semakin meningkat kecepatan putaran generator yang dihasilkan.
3. Nilai daya listrik generator tertinggi ialah pada beban kerja lampu 5 watt yaitu sebesar 0,314 watt dan nilai daya listrik terendah pada beban kerja lampu 3 watt yaitu sebesar 0,308 watt. Hasil dari _

pengujian daya listrik generator ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan, daya generator yang dihasilkan tetap stabil, namun sedikit menurun pada beban yang lebih tinggi.

4. Nilai efisiensi tertinggi dihasilkan dari Turbin Pelton pada beban kerja lampu 5 watt yaitu sebesar 10,06% dan efisiensi terendah pada beban kerja lampu 3 watt yaitu sebesar 9,87%. Hasil dari perhitungan nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa pada beban 5 watt nilai efisiensi yang dihasilkan stabil tetapi menurun pada beban yang lebih tinggi.
5. Hasil pengujian menggunakan beban lampu LED yang digunakan tersebut menyala, hal ini dikarenakan kapasitas daya listrik yang dihasilkan generator mencapai untuk menyalakan lampu pada 3 watt, 5 watt dan 7 watt tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ainurrahman (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) Menggunakan Turbin Pelton Sebagai Sumber Daya Listrik University Smart Garden. *Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas INMMI Malang*.
- [2] Irawan, H., Syamsuri, Rahmad Q (2018). Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Buka Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya*, 3(1), 27-31, 2018. Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.
- [3] Abdurahmansyah, I., Gani, H. U. A., & Ivanto, M (2018). Rancang Bangun Prototipe Instalasi PLTMH Untuk Mengetahui Unjuk Kerja Alternator Dengan Variasi Debit Aliran Pada Pengaturan Katup Terhadap Output Daya. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*.
- [4] Firmansyah, *Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Archimedes Screw*. [Skripsi], Universitas Borneo Tarakan. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan, 2024.[Online]. Available: Repository UBT.