

Analisa Pengaruh *Head* (Tinggi Jatuh Air) Terhadap Putaran Pompa Pada Turbin Pelton Skala Laboratorium

¹Muhammad Taufan & ²Yafid Effendi

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang
e-mail: yafid_effendi@yahoo.com

Receive: 26 November 2023

Accepted: 19 Desember 2023

Abstract

The Pelton turbine is a type of micro hydro power generator developed in Indonesia by utilizing the potential energy and kinetic energy in water to be converted into electrical energy. In the working scheme of a Pelton turbine, two things are needed, namely water flow and water fall (head) to produce power that can be utilized. Therefore, the increase in power is influenced by the high head and large water discharge. The more water discharged from the nozzle, the greater the electrical voltage produced by the turbine. The aim of this research is to determine the effect of head (water fall height) on pump rotation in a laboratory scale Pelton turbine and to determine the effective head required for the Pelton turbine to work optimally. The method used in this research is experimental, namely by collecting data and testing. The results of this research show that the higher the actual head and water discharge used, the greater the effective head, water discharge, turbine power and electrical power produced. The actual head variation is 5 m to 5.5 m with a range of 0.1 for effective head, water flow, turbine power and electrical power. The highest results occurred at the maximum Actual Head, namely 5.5 meters with an Effective Head of 3.67 meters producing a water discharge of 0.004374 m³/s, turbine power of 125.85 Watts and electrical power of 113.27 Watts.

Keywords: Power plant, Pelton Turbine, Head, Turbine power

Abstrak

Turbin pelton adalah salah satu jenis pembangkit listrik tenaga *micro hydro* yang dikembangkan di Indonesia dengan memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik yang ada pada air untuk diubah menjadi energi listrik. Dalam skema kerja turbin pelton memerlukan dua hal, yaitu debit air dan tinggi jatuh air (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Maka dari itu, bahwa kenaikan daya dipengaruhi oleh tingginya *head* dan debit air yang banyak, semakin banyak debit air yang keluar dari *nozzle* maka semakin besar juga tegangan listrik yang dihasilkan oleh turbin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *head* (ketinggian jatuh air) terhadap putaran pompa pada turbin pelton skala laboratorium dan untuk mengetahui *head effective* yang dibutuhkan agar turbin pelton dapat bekerja dengan maksimal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini eksperimen yaitu dengan pengambilan data dan uji coba. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi *head actual* dan debit air yang digunakan maka akan semakin besar pula *head effective*, debit air, daya turbin dan daya listrik yang dihasilkan. Pada variasi *head actual* 5 m sd 5,5 m dengan rentang 0,1 terhadap *head effective*, debit air, daya turbin dan daya listrik. Hasil tertinggi terjadi pada *Head Actual* maksimum yaitu 5,5 meter dengan *Head Effective* 3,67 meter menghasilkan debit air 0,004374 m³/s, daya turbin 125,85 Watt dan daya listrik 113,27 Watt.

Kata Kunci: Pembangkit listrik, Turbin Pelton, *Head*, Daya turbin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang tepat di garis khatulistiwa, dan terdapat beragam sumber energi terbarukan yang berada di wilayah Indonesia, dan penelitian mengenai sumber energi alternatif yang dapat merubah kondisi sosial di masa depan menjadi sebuah isu. salah satu sumber energi terbagikan yang dapat dikembangkan adalah turbin air. Dengan semakin berkembangnya teknologi, banyak diciptakan perangkat-perangkat yang inovatif dan efektif. Bidang teknik mesin, khususnya yang fokus pada konversi energi, memerlukan pengetahuan tentang cara menghasilkan sumber energi yang nantinya dapat digunakan oleh masyarakat luas, khususnya proses belajar mengajar anak sekolah dan siswa. Oleh karena itu, Alat Uji Kinerja Turbin Pelton dikembangkan untuk meningkatkan kesempatan pembelajaran langsung di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. Prinsip kerja turbin Pelton adalah mengubah aliran air menjadi tenaga air yang dihisap oleh pompa dan dikirim ke nozzle. Sebelum masuk ke nozzle, air melewati pipa pembuangan yang dilengkapi katup, sehingga laju aliran air dapat diatur sesuka hati. Air yang digunakan untuk memutar bilah turbin kemudian jatuh ke reservoir dan kembali ke tahap awal sehingga menimbulkan siklus.

Dengan semakin berkembangnya teknologi, banyak diciptakan perangkat-perangkat yang inovatif dan efektif. Bidang teknik mesin, khususnya yang fokus pada konversi energi, memerlukan pengetahuan tentang cara menghasilkan sumber energi yang nantinya dapat digunakan oleh masyarakat luas, khususnya proses belajar mengajar anak sekolah dan siswa. Oleh karena itu, Alat Uji Kinerja Turbin Pelton dikembangkan untuk meningkatkan kesempatan pembelajaran langsung di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. Prinsip kerja turbin Pelton adalah mengubah aliran air menjadi tenaga air yang dihisap oleh pompa dan dikirim ke nozzle. Sebelum masuk ke nozzle, air melewati pipa pembuangan yang dilengkapi katup, sehingga laju aliran air dapat diatur sesuka hati. Air yang digunakan untuk memutar bilah turbin kemudian jatuh ke reservoir dan kembali ke tahap awal sehingga menimbulkan siklus. Skema pengoperasian turbin Pelton memerlukan dua hal untuk menghasilkan energi yang dapat digunakan: aliran air dan ketinggian air terjun (head). Oleh karena itu, peningkatan kinerja dipengaruhi oleh tingginya head dan output air.

Turbin air adalah perangkat mekanis yang dirancang untuk mengonversi energi kinetik air menjadi energi mekanis yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Turbin air merupakan komponen kunci dalam pembangkit listrik tenaga air, yang memanfaatkan energi air yang mengalir untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. Turbin memiliki bilah yang merupakan struktur pelat dengan bentuk dan penampang tertentu. Air yang mengalir melalui ruang antar sudu sebagai media kerja memutar roda turbin dan memberikan gaya pada sudu. Gaya ini disebabkan oleh perubahan momentum media kerja, air, yang mengalir di antara sudu-sudu. Bilahnya harus dibentuk sedemikian rupa sehingga perubahan momentum dapat terjadi dalam media kerja air.

Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah jenis turbin air yang dirancang khusus untuk mengonversi energi kinetik air menjadi energi mekanis. Turbin ini sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air, terutama di lokasi dengan ketinggian air yang tinggi.

Berikut adalah beberapa ciri khas Turbin Pelton: Roda Pelton: Turbin Pelton menggunakan roda atau roda air khusus yang disebut "roda Pelton." Roda ini memiliki cangkir-cangkir yang disebut pelton, yang dipasang secara simetris di sekeliling roda. Setiap pelton memiliki bentuk seperti mangkuk setengah yang berfungsi untuk menangkap dan memancarkan aliran air. Nozzle: Aliran air diarahkan ke pelton melalui suatu nosel. Nosel

ini dapat diatur untuk mengontrol aliran air ke roda Pelton. Ketika air melewati nosel dan memasuki cangkir Pelton, itu menghasilkan tekanan tinggi dan kecepatan yang tinggi.

Energi Kinetik: Air yang memasuki pelton memiliki energi kinetik tinggi karena kecepatan yang tinggi. Saat air memasuki pelton, energi kinetik ini diubah menjadi energi mekanik dengan menyebabkan roda Pelton berputar. Poros dan Generator: Gerakan rotasi dari roda Pelton kemudian ditransmisikan melalui poros ke generator. Generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, menghasilkan listrik yang dapat digunakan. Efisiensi Tinggi pada Ketinggian Tinggi: Turbin Pelton efisien pada ketinggian air yang tinggi. Oleh karena itu, mereka sering digunakan di tempat-tempat seperti pegunungan atau daerah dengan sumber air yang memiliki ketinggian yang cukup besar. Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air: Turbin Pelton umumnya digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan ketinggian air. Mereka sering digunakan untuk menghasilkan listrik dalam jumlah besar.

Keuntungan utama Turbin Pelton melibatkan efisiensi tinggi pada ketinggian air yang tinggi dan kemampuan untuk mengatasi variasi aliran air. Namun, mereka lebih cocok untuk aplikasi di mana debit air relatif konstan. Turbin Pelton merupakan salah satu inovasi penting dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air. Bagian-bagian turbin pelton ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 bagian Turbin Pelton

Bagian-bagian Turbin Pelton

1. *Runner*
2. *Nozzle*
3. Rumah Turbin
4. *Bucket*
5. Poros
6. *Pulley Brake*
7. Bantalan
8. Panel Listrik
9. Piringan

Daya Turbin

Turbin air jenis turbin pelton menggunakan energi air yang menghasilkan momen putar pada poros. Daya putar yang dihasilkan oleh air bergantung pada tinggi jatuh air (*head*) dan debit air. Rumus daya ditunjukkan pada persamaan 1.

$$P = \rho \cdot 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H_e \text{ [kW]} \quad (1)$$

Dimana : $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 =$ Massa jenis air

$Q =$ Debit air (m^3/detik)

$H_e =$ Tinggi air jatuh efektif (m)

$\eta =$ Efisiensi turbin = 80-90%

Daya Listrik Turbin

Pada turbin air jenis turbin pelton skala laboratorium, cara pengoperasiannya menggunakan daya listrik sebagai sumber energinya dengan perhitungan (persamaan 2) sebagai berikut :

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Stand Turbin Pelton

Stand Turbin pelton yang digunakan dalam penelitian ini adalah skala laboratorium yang terdiri pompa dengan spesifikasi $H=50$ m, Debit=100 LPM.



Gambar. 2 Stand turbin pelton



Gambar. 3 Rotameter

2. Rotameter

Rotameter adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tingkat aliran tabung dan laju aliran luas penampang fluida pada turbin. Hal ini rotameter menggunakan spesifikasi dengan ukuran dimensi 302 x 238 x 45 mm, ukuran 1 inci pada drat dalam, berbahan PVC dan akrilik, maksimal *pressure* 10 kg, maksimal *temperature* 65°C, akurasi +/- 4%, dan berat 1000 gram.

3. Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran turbin pelton. Dalam hal ini *Tachometer* menggunakan spesifikasi dengan tegangan DC8-24v, arus 30mA, ukuran dimensi 77 x 25 x 40 mm, jenis tampilan LED, dan berat 250 gram.



Gambar. 4 Tachometer



Gambar. 5 Forcemeter

4. Forcemeter

Force meter berfungsi untuk mengukur kekuatan yang terjadi selama *push* atau *pull* tes turbin pelton. Dalam hal ini *force meter* menggunakan spesifikasi dengan ukuran dimensi 96 x 18 x 80 mm, tampilan 14.2 mm LED, konsumsi daya 5 VA, berat 300 gram, dan over load 50 kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Debit Air Terhadap *Head Actual* 5 meter

Pengukuran debit air menggunakan *stopwatch*, hasil pengukurannya seperti pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit Air terhadap *Head Actual*

Pengukuran	<i>Head Actual</i> (m)	Volume Air (liter)	Waktu (s)
1	5	36	7,902
2	5,1	36	7,968
3	5,2	36	8,034
4	5,3	36	8,1
5	5,4	36	8,166
6	5,5	36	8,23

Menghitung *Head Effective* Terhadap *Head Actual*

Perhitungan tinggi jatuhnya air (*Head Effective*) terhadap *Head Actual* 5 meter adalah sebagai berikut : $Head Actual = 5$ meter, $Head Losses = \frac{1}{3} \times Head Actual = 1,67m$

Jadi *Head Effective* untuk tinggi jatuhnya air terhadap *Head Actual* 5 meter, $Head Effective = Head Actual - Head Losses = 5$ meter - 1,67 meter = 3,33 meter

Menghitung Debit Air

Debit air pada *Head Actual* 5 meter sehingga nilai Debit air terhadap *Head Actual* 5 meter adalah Volume Air (V) = 36 l, Waktu = 7,902 detik, $Q = \frac{V}{t} = \frac{36}{7,902} = 4,55$ l/s = 0,00455 m³/s

Menghitung Daya Turbin Pelton

Daya turbin pelton pada ketinggian *Head Actual* 5 meter, Debit Air = 0,00455 m³/s, Massa Jenis Air = 1000 kg/m³, Percepatan Gravitasi = 9,8 m/s², *Head Effective* = 3,33 m, Efisiensi Turbin = 80% - 90%, Daya turbin $P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta = 118,78$ watt

Menghitung Daya Listrik Turbin Pelton

Daya pembangkit listrik tenaga *micro hydro* jenis turbin pelton pada *Head Actual* 5 meter yaitu Debit Air = 0,00455 m³/s, Massa Jenis Air = 1000 kg/m³, Percepatan Gravitasi = 9,8 m/s², *Head Effective* = 3,33 m, Efisiensi Turbin = 80% - 90%, Daya listrik $P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta = 106,91$ watt

Analisis Pengaruh Tinggi Jatuh Air (*Head Actual*) Terhadap Daya Listrik Turbin Pelton

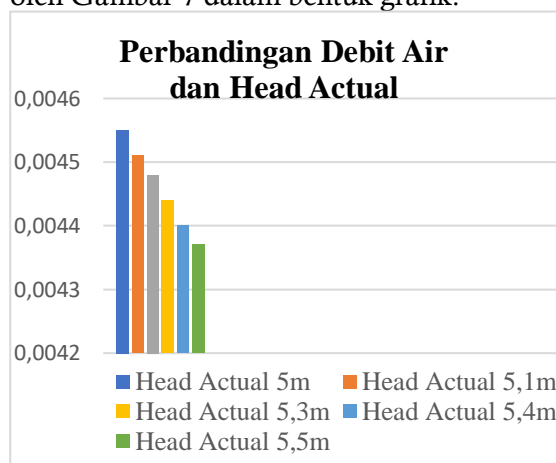
Pembangkit listrik tenaga mikro hidro membutuhkan 2 hal untuk menghasilkan listrik yang dapat digunakan: head dan debit air. Saat menganalisis pengaruh ketinggian air jatuh (head aktual) terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga air kecil tipe turbin Pelton, bandingkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan *Head Actual*, *Head Effective*, Debit air, Daya Turbin dan Daya listrik

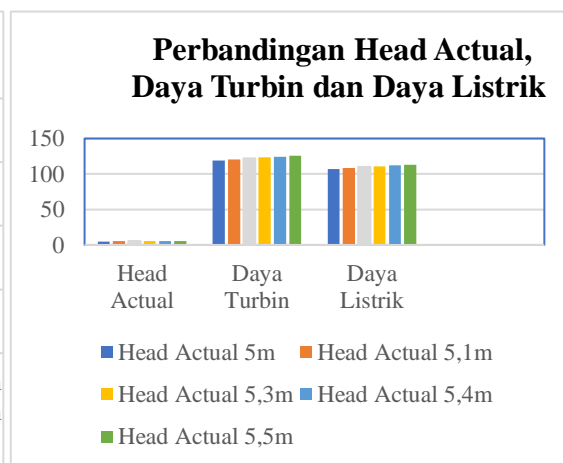
<i>Head Actual</i> (meter)	<i>Head Effective</i> (meter)	Debit air (m ³ /s)	Daya Turbin (Watt)	Daya Listrik (Watt)
5	3,33	0,00455	118,78	106,91
5,1	3,4	0,004518	120,43	108,39
5,2	3,47	0,00448	121,88	109,69
5,3	3,54	0,00444	123,22	110,9
5,4	3,6	0,004408	124,41	111,97
5,5	3,67	0,004374	125,85	113,27

Berdasarkan Tabel 2 diatas percobaan yang dilakukan pada *head actual* 5,5 meter menghasilkan debit air yang lebih kecil dibandingkan dengan percobaan pada *head actual* 5 meter, hal ini terjadi karena pada instalasi turbin pelton skala laboratorium bersumber dari pompa air dan berpengaruh terhadap ketinggian dan jarak kran terhadap pompa. Jadi ketinggian *head actual*nya maka akan semakin kecil pula debit air yang dihasilkan.

Berikut adalah perbandingan debit air dan *head actual* yang ditunjukkan oleh Gambar 6 serta perbandingan *head actual*, daya turbin dan daya listrik yang ditunjukkan oleh Gambar 7 dalam bentuk grafik.



Gambar 6 Perbandingan debit air terhadap head actual



Gambar 7. Perbandingan head actual terhadap daya turbin dan daya listrik

Gambar 6 memperlihatkan bahwa dari *head actual* 5 meter didapat debit air sebesar 0,00455 m³/s dan pada *head actual* 5,5 meter didapat debit air sebesar 0,4374 m³/s. Semakin tinggi *head actual*nya maka akan semakin rendah debit air yang didapat. Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan bahwa *head actual* dan debit air sangat berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh turbin. Tabel 3 memperlihatkan bahwa kenaikan daya turbin diikuti oleh kenaikan head actual, head effective, debit dan daya listrik.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan diatas, ada beberapa kesimpulan yaitu :

1. Di dalam pengoperasian turbin pelton, semakin tinggi *head actual* dan debit air yang digunakan maka akan semakin besar pula head effective, debit air, daya turbin dan daya listrik yang dihasilkan.

2. Variasi *head actual* 5 m sd 5,5 m dengan rentang 0,1 terhadap *head effective*, debit air, daya turbin dan daya listrik. Hasi tertinggi terjadi pada *Head Actual* maksimum yaitu 5,5 meter dengan *Head Effective* 3,67 meter menghasilkan debit air 0,004374 m³/s, daya turbin 125,85 Watt dan daya listrik 113,27 Watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Samil Mubarak, dkk. Pengaruh Berat *Bucket* Terhadap Putaran dan torsi Pada Turbin Pelton. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.
- Arif Muliawan, Ahmad Yani. Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Akibat Perubahan Putaran *Runner*. Jurnal Teknik, Universitas Trunajaya Bontang.
- Ceri Steward Poea, dkk. Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Dwi Irawan. *Prototype* Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Ferdinandus Balu Zei. Karakteristik Daya Turbin Pelton Skala Mikro Dengan Variasi Bentuk Sudu ipa *Elbow* 90° Dengan Diameter 1/2" dan 3/4". Jurnal Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Hadimi, dkk. Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida. Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak.
- Hery Irawan, dkk. Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup dan Beban Menggunakan Inverter. Jurnal Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Himran Syukri. 2017. *Turbin Air-Teori dan Dasar Perencanaan*. Yogyakarta; Andi
<https://www.cink-hydro-energy.com/id/turbin-air-crossflow>. Diakses 27 Juni 2020 pukul 15.15.
- https://www.wikipedia.org/wiki/Turbin_air. Diakses pada 28 Juni 2020 pukul 09.15.
- Ir. Rahmad Samosir, MT. Pengaruh Jumlah *Nozzle* Pada Turbin Pelton. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia.
- Jasa Lie. dkk. 2017. *Mikro Hidro*. Yogyakarta; Teknosain.
- Lukman Susanto, dkk. Perancangan Turbin Pelton Skala Piko Hidro Kapasitas 1 kW. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Maridjo, dkk. Rancang Bangun Turbin Pelton Mikrohidro. Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung.
- Muhammad Saleh Simamora. Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
- Paryatmo Wibowo. 2007. *Turbin Air*. Yogyakarta; Graha Ilmu.
- Surianto Buyung. Analisis Pengaruh Tinggi Jatuh Air (*Head*) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga *Micro Hydro* Tipe Turbin Pelton. Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.