

PENGARUH VARIASI DIAMETER PULLEY TERHADAP DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN PADA PROTOTYPE TURBIN PELTON

Amirul Amin¹, Priyagung Hartono², Unung Lesmanah³

¹ Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jl. Mayjen Haryono 193, Malang 6514

Email: amirulloading@gmail.com

Abstract

Hydroelectric power generation is one of the renewable energy that has been widely developed in Indonesia to overcome the increase in electricity demand, in 2022 it is estimated that the increase in electricity demand will increase by three times. Most power plants in Indonesia use fossil fuels, such as petroleum, natural gas and coal. With the use of fossil fuels that are increasingly depleted, renewable energy is needed. Water energy is very suitable for use as renewable energy in Indonesia. Water energy is utilized from the potential energy of water into mechanical energy by rotating a turbine which is then converted into electrical energy through a generator. By varying the pulley diameter of 100mm, 125mm, 150mm, 175mm, and 50mm generator turbines to find out how much influence the pulley comparison has on the electrical power produced in the pelton turbine prototype. The highest torque and electric power results occur in a variation of 175mm diameter: 50mm, producing 0.2 Nm of torque value and 5.8 watts of electric power. While the lowest shaft rotation and electrical power occur in variations of the diameter of 100mm: 50mm, producing a torque value of 0.056 Nm and electric power of 1.5 watts. It can be concluded that the greater the diameter of the pulley in the turbine can increase torque and increase electrical power in the Pelton turbine prototype.

Keywords: Pelton Turbine Prototype, Rpm, Fluid Flow, Electric Power.

PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif yang tersedia saat ini banyak dikembangkan di dunia seperti energi air, energi angin, tenaga nuklir, gelombang air laut, energi surya, tenaga panas bumi, bio-energi dan tenaga hidrogen. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah salah satu pembangkit listrik yang dapat dikembangkan di Indonesia dengan skala mikro untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil.¹

Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran, ketinggian dan instalasi tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggian dari instalasi maka

semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Mikrohidro dibangun berdasarkan adanya air yang mengalir dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai.²

Turbin pelton merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai buket runner dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang sebagian energinya tidak diserap oleh runner. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer. Turbin pelton merupakan contoh terbaik dari turbin impuls. Turbin tersebut dioperasikan oleh satu atau lebih jet (nozzle) air.³

Pembangkit listrik tenaga air merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang biasanya menggunakan bendungan dengan memanfaatkan energi mekanis aliran air untuk memutar turbin yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.⁴ Pembangkit listrik tenaga air sebelum dialirkan menuju turbin biasanya menggunakan pipa pesat (*penstock*), tujuannya untuk meningkatkan energi dalam air dengan memanfaatkan gravitasi dan mempertahankan tekanan air jatuh. Air yang jatuh kemudian akan memutar turbin dan generator dalam kecepatan tertentu, sehingga terjadi konversi listrik dari gerak ke listrik. Energi listrik yang dihasilkan bisa langsung digunakan atau disimpan dalam baterai.¹

Kata "*turbine*" dalam bahasa latin "*whirling*" (putaran) atau "*vortex*" (pusaran air) yang ditemukan oleh seorang insinyur prancis bernama Claude Bourdin pada awal abad 19. Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversi energi dari suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan generator.⁵

Turbin Pelton adalah turbin dengan kecepatan spesifik yang relative rendah dan dengan menggunakan tinggi air jatuh yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis yang lain.⁴

Prinsip kerjanya yaitu dengan mengkonversi daya fluida air menjadi daya poros sebagai pemutar generator listrik, kemudian fluida akan di tampung dalam suatu wadah dan fluida mengalir dalam pipa akan keluar dengan kecepatan tinggi air jatuh (*h*) melalui nosel, debit air diubah menjadi kecepatan, debit air yang memancar akan mengenai bagian tengah–tengah sudu dan sesuai dengan perimbangan tempatnya air pancar akan belok dan

ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus. Maka penampang ember dan sudu–sudunya harus ditinjau, agar mendapatkan pemindahan gaya yang sebaik baiknya.⁴

Komponen Utama Turbin Pelton

1. Rumah turbin
2. Runner
3. Bucket
4. Piringan
5. Poros
6. Bantalan
7. Nozzle
8. Puli & V balt
9. Generator

Pulley sangatlah berperan penting sebagai sistem penggerak untuk menghubungkan poros runner dengan poros alternator, pada pully menggunakan variasi diameter yang mana pully yang lebih besar terpasang pada poros runner dan pully yang berdiameter lebih kecil terpasang di poros generator.

1. Data nilai perhitungan rata-rata
Untuk menentukan nilai rata-rata ditentukan dengan persamaan 1.

$$\Sigma = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{n} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan: Σ = Nilai rata – rata
x = nilai data

pengujian

n = jumlah percobaan

2. Debit Aliran (Q)

Laju aliran volume disebut juga debit aliran (Q) yaitu jumlah volume aliran per satuan waktu. Debit aliran dapat dituliskan pada persamaan 2.

$$Q = \frac{Va}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

Va = Volume aliran (m³)

Q = Debit aliran (m³/s)

t = waktu aliran (s)

3. Luas Penampang Pipa

Untuk mencari luas penampang sebuah pipa bagian dalam, kita bisa menggunakan persamaan 3.

$$Ap = \pi r^2 \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

A_p = Luas penampang pipa

π = phi

r = Jari-jari

4. Kecepatan Aliran Fluida (v)

Untuk mencari nilai kecepatan aliran fluida menggunakan persamaan 4.

$$v = \frac{Q}{A_p} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

Q = Debit aliran (m^3/s)

5. Laju Aliran Massa (m)

Setelah nilai A dan v ditemukan selanjutnya yaitu menghitung nilai laju aliran massa (m) dengan menggunakan persamaan 5.

$$m = \rho_{air} \times A_p \times v \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

m = Laju aliran massa (m)

ρ_{air} = Massa jenis air

A_p = Luas penampang pipa (m^2)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

6. Bilangan Reynold

Bilangan reynold dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$R_E = \frac{v \cdot d}{\nu_k} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

R_E = bilangan reynold

v = laju aliran fluida

d = Diameter pipa dalam (m)

ν_k = kekentalan kinematik fluida ($m^2/detik$)

7. Daya Yang Dihasilkan Turbin Pelton

Dari kapasitas tegangan V dan arus listrik I dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin.

$$P_{out} = I \times V \dots\dots\dots(7)$$

Dimana: P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

8. Data Perhitungan Daya Air

Untuk nilai ρ_{air} diperoleh pada tabel masa jenis air dalam satuan SI yang tercantum dilampiran pada ρ_{air} nilai = $997,13 \text{ kg}/m^3$ untuk suhu air 25°C .

$$P_{in} = \rho \times v \times Q \dots\dots\dots(8)$$

9. Data Perhitungan Efisiensi (%)

Mencari efisiensi menggunakan persamaan 8.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

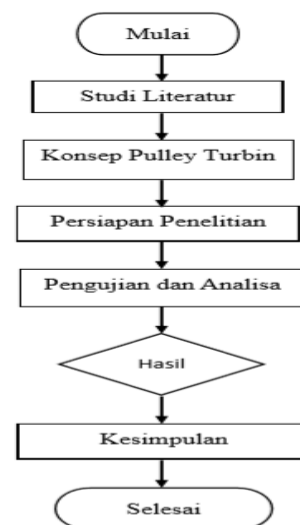
10. Perhitungan Torsi

$$T = \frac{(5252 \times P_{out})}{n_1} \dots\dots\dots(10)$$

METODE PENELITIAN

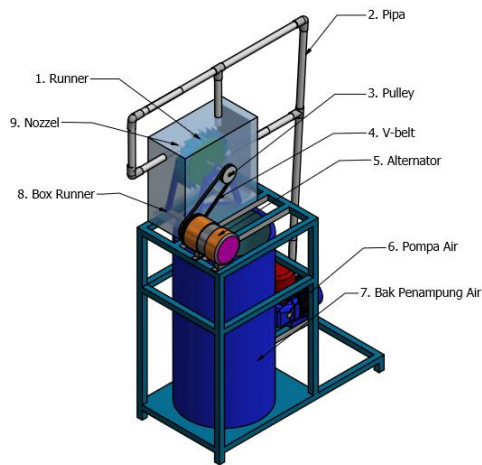
Penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *eksperimental* dan pendekatan *kuantitatif*. Dengan cara ini akan diuji pengaruh dari variasi diameter pulley turbin dengan variasi diameter pulley turbin 100mm, 125mm, 150mm, dan 175mm. Bertujuan untuk mencari optimalisasi daya listrik pada prototype turbin pelton. Variabel bebas adalah variasi diameter pulley. Variabel terikat adalah nilai torsi dan daya listrik yang dihasilkan.

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Model prototype turbin pelton



Gambar 2. Prototype turbin pelton

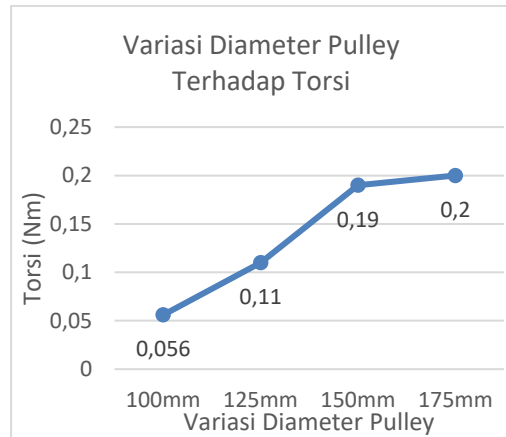
PEMBAHASAN

Hasil peneliti dengan melakukan pengujian terhadap prototype turbin pelton, pada dasarnya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perbandingan pulley dengan diameter pulley yang besar terletak pada turbin terhadap daya listrik yang dihasilkan.

Variasi Pulley	V (m/s)	m (kg/s)	Re	n_1	n_2	Daya (Watt)	Torsi (Nm)	Efisiensi
100-50	35,7	0,698	199664,43	189,67	139,67	1,5	0,056	6,02 %
125-50	39,29	0,768	219742,73	190	411,67	3,1	0,11	10,28 %
150-50	40,31	0,788	225447,43	192,67	487,67	5,7	0,19	17,8 %
175-50	43,37	0,848	242561,52	212,73	649	5,8	0,2	15,78 %

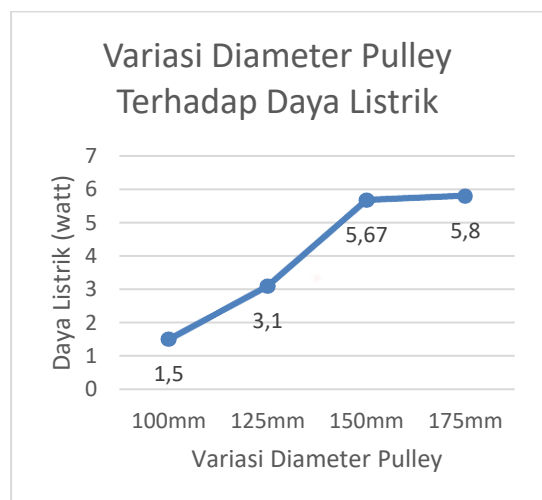
Gambar 3. Tabel hasil perhitungan

Dari tabel data perhitungan diatas yang selanjutnya dapat digambarkan dalam diagram alir guna mengetahui pengaruh variasi diameter pulley terhadap putaran generator dan daya listrik yang dihasilkan



Gambar 4. Grafik nilai torsi dengan variasi diameter pulley.

Berdasarkan nilai rata-rata dari nilai torsi diketahui semakin besar variasi diameter pulley pada turbin maka semakin besar nilai torsi yang dihasilkan prototype turbin pelton. Torsi terbesar terjadi pada variasi diameter pulley turbin 175mm : 50mm, dengan nilai rata-rata torsi 0,2 Nm. Hal ini terjadi karena semakin besar diameter pulley pada turbin, maka semakin besar torsi yang didapatkan, sehingga putaran poros generator semakin cepat. Sebaliknya jika diameter pulley turbin lebih kecil dari pada diameter pulley generator maka putaran poros pada generator semakin lambat.



Gambar 5. Grafik Hasil daya listrik dengan variasi diameter pulley.

Berdasarkan nilai rata-rata dari daya listrik diketahui semakin besar variasi diameter pulley pada turbin maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan prototype turbin pelton. Daya listrik terbesar terjadi pada variasi diameter pulley turbin 175mm : 50mm, dengan nilai rata-rata putaran 5,8 watt. Hal ini terjadi karena besarnya daya listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbandingan diameter pulley, semakin besar diameter pulley pada turbin maka putaran pada generator akan semakin cepat, sehingga generator dapat menghasilkan daya listrik yang semakin besar.

KESIMPULAN

1. Hasil uji statistik disetiap variasi diameter pulley memiliki pengaruh terhadap torsi turbin dan daya listrik yang dihasilkan.
2. Daya listrik tertinggi dan torsi tertinggi didapat pada variasi diameter pulley turbin 175mm : 50mm, dengan nilai 5,8 Watt, hal ini menunjukkan peningkatan karena perbandingan diameter pulley, dengan diameter pulley besar terletak pada turbin.
3. Nilai efisiensi turbin tertinggi didapat pada variasi diameter turbin 150mm dengan nilai efisiensi 17,8%, sementara variasi diameter pulley 100mm efisiensinya kecil yaitu 6,02%. Hal ini dikarenakan perbandingan pulley mempunyai batas standart.
4. Hasil dari perhitungan nilai torsi $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $1638,44 > 4,07$, daya listrik $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $1970,79 > 4,07$, pada perhitungan uji statistic untuk semua perhitungan tingkat kekliruan 5% H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi diameter pulley terhadap torsi dan daya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

1. sutrisna fendi K. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). *ketenaga List Indones*. 2011.
2. Ujang H. Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *J energi*. 2007;16(2):160-171. doi:10.1504/IJBCRM.2012.051870
3. Hadimi, Rohermanto. *Klasifikasi Turbin Pelton*.; 2006.
4. Irawan D. Prototype turbin pelton sebagai energi alternatif mikrohidro di lampung. 2012;3(116):1-6.
5. Putra. Pengertian Turbin Air. 2009.
6. Sugiharto, Toto. Analisis Varians Universitas Gunadarma. Jakarta. 2009.
7. Slamet, P, Sri H & Abdul Khalim, Ilmu Pengetahuan Alam Terpadu (Biologi, Fisika dan Kimia). Cet. I. Jakarta : PT. Bumi Aksara, 2000. Hal 271
8. Prof. Abdul, K. Energi. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta. 1987.
9. Suntoyo, Y. *Dasar-dasar Statistika*. Jakarta: Rajawali. 1990.