



# **JESCE**

## **(Journal of Electrical and System Control Engineering)**

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>

---

## **Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin**

### ***Flow Capacity Turbine Power***

**Irvan Kurniady<sup>1</sup>, Amirsyam<sup>2</sup>, Amrinsyah<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Diterima: Maret 2019; Disetujui: April 2019; Dipublikasi: April 2019

\*Corresponding Email: [irvak1@gmail.com](mailto:irvak1@gmail.com)

---

#### **Abstrak**

Sumber energi yang dapat diperbaharukan di Indonesia menurut sumber asean energy salah satunya adalah mikrohidro yang memanfaatkan air sebagai sumber energi dari suatu turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozel. Air keluar nozel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*) sehingga roda turbin akan berputar. Turbin Pelton merupakan turbin impuls yang terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien dan sesuai digunakan untuk head tinggi dan debit aliran yang kecil. Turbin Pelton mempunyai beberapa keuntungan antara lain efisisensi turbin yang relatif stabil pada berbagai perubahan debit aliran. Tujuan penulisan artikel ilmiah ini adalah untuk mengetahui dan memberikan wawasan tentang model sudu dan nozel pada Turbin Pelton sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM). Model sudu dan nozel yang bervariasi akan memberi impuls yang baik untuk menghasilkan putaran turbin. Karakteristik model sudu turbin pada variasi jarak nozel dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi.

**Kata kunci :Pengaruh kapasitas aliran, Daya turbin air pelton**

#### **Abstract**

*Renewable energy sources in Indonesia according to the sources of energy asia one of them is a micro hydro that uses water as a source of energy from a turbine. The water potential energy is converted to kinetic energy in the nozzle. Water out of a nozzle that has a high speed hit the turbine blade. After striking the blade the flow velocity changes so that there is a change of momentum (impulse) so that the turbine wheel will rotate. The Pelton turbine is an impulse turbine consisting of a set of road blades that are rotated by a sprayed water jet from one or more devices called nozzles. The Pelton turbine is one of the most efficient and suitable types of water turbines used for high head and small flow debits. Pelton turbines have several advantages such as the relatively stable efficiency of turbines in various flow-flow changes. The purpose of writing this scientific article is to know and provide insight on the model of blades and nozzles on Pelton Turbine as Microhydro Power Plant (PLTM). Various blade and nozzle models will provide a good impulse to produce turbine spins. Characteristics of the turbine blade model on the nozzle range variation can result in high efficiency.*

**Keywords: Effect of flow capacity, Power of pelton water turbine**

---

---

**How to Cite:** Kurniady, I, Amirsyam, Amrinsyah. (2019), Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin (*Flow Capacity Turbine Power*), *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*,2(2):98-115

---

## PENDAHULUAN

Sampai saat ini tenaga air telah dimanfaatkan untuk beberapa keperluan misalnya untuk menaikkan air dengan menggunakan kincir yang diberi mangkok pada suatu sungai, untuk keperluan irigasi, penggilingan padi, rekreasi dan navigasi. Tenaga air merupakan energi terbarukan dengan adanya siklus hidrologi maka kebutuhan tenaga listrik dapat tercukupi, misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pengembangan sumber daya air dalam skala kecil yang lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) telah lama dikembangkan oleh masyarakat Indonesia sebagai sumber energi, tapi sampai saat ini pengguna Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) masih sangat sedikit.

Salah satu peralatan pokok dalam suatu pembangkit tenaga listrik dan bisa dibuat adalah turbin air. turbin air berfungsi mengubah energi potensial berupa energi kecepatan oleh nosel menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros turbin dan untuk mendapatkan energi listrik maka poros turbin dikopel dengan generator.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Dasar Tentang Turbin Air

Kata turbin ditemukan oleh seorang insinyur yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa latin dari kata *whirling* (putaran) atau *vortex* (pusaran air). Turbin air ini biasanya digunakan untuk tenaga industri untuk jaringan listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk tenaga listrik. Turbin kini dimanfaatkan secara luas dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharukan. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator.

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak "*assembly rotor-blade*". Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Contoh turbin awal adalah kincir angin dan roda air. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Perbedaan antara turbin air awal dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang

berputar. Komponen tambahan ini memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar dan komponen yang lebih kecil. Turbin dapat memanfaatkan air dengan putaran yang lebih cepat dan memanfaatkan head yang lebih tinggi. Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik yang kemudian diubah lagi menjadi energi listrik pada generator. Komponen-komponen turbin yang penting adalah sebagai berikut :

1. Sudu pengarah

Biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin.

2. Roda jalan atau runner turbin

Pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik.

3. Poros turbin

Pada poros turbin terdapat runner dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial.

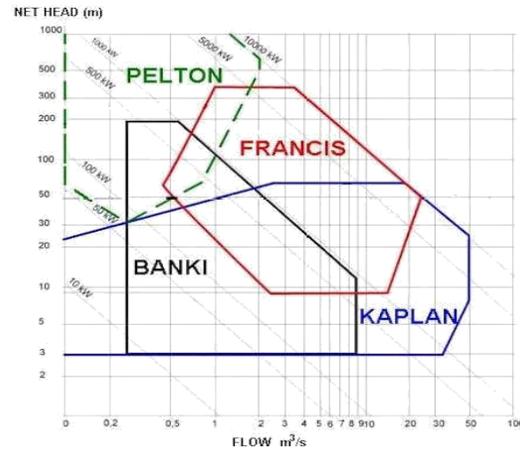
4. Rumah turbin

Biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah.

5. Pipa hisap

Mengalirkan air yang ke luar turbin ke saluran luar.

Adapun perbandingan karakteristik turbin dapat kita lihat pada grafik net head dibawah ini



Gambar 1. Perbandingan karakteristik Turbin

Dapat dilihat pada Gambar 1 turbin kaplan adalah turbin yang beroperasi pada head yang rendah dengan kapasitas aliran yang tinggi atau bahkan beroperasi pada kapasitas yang sangat rendah. Hal ini karena sudu – sudu turbin kaplan dapat diatur secara manual atau otomatis untuk merespon perubahan kapasitas.

Berkebalikan dengan turbin kaplan, turbin pelton adalah turbin yang beroperasi pada head tinggi dengan kapasitas yang rendah. Untuk turbin francis mempunyai karakteristik yang berbeda dengan yang lainnya yaitu turbin francis dapat beroperasi pada head yang rendah atau beroperasi pada head yang tinggi.

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada head air yang didapatkan dan kurang lebih pada rata-rata alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan head tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan head rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan head, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran.

Aplikasi penggunaan turbin berdasarkan tinggi head yang didapatkan adalah sebagai berikut ini:

1. Turbin Kaplan :  $2 < H < 100$  meter
2. Turbin Francis:  $5 < H < 500$  meter
3. Turbin Pelton :  $H > 30$  meter
4. Turbin Banki :  $2 < H < 200$  meter

### Jenis-Jenis Turbin Air

Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

#### a) Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang

berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin.

#### b) Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah Turbin yang memanfaatkan energi potensial air diubah menjadi energi kinetik dengan nozel. Air keluar nozel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls memiliki tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozzle tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya.

Adapun contoh – contoh turbin reaksi dan turbin impuls yaitu :

- a. Turbin Reaksi
  - Francis
  - Kaplan
  - Kincir Air
- b. Turbin Impuls
  - Pelton
  - Turgo
  - Crossflow atau ossberger

## METODOLOGI PENELITIAN

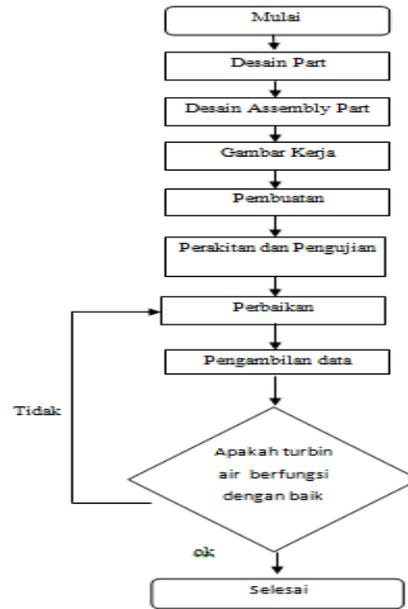
### Perancangan Turbin Air Pelton

Suatu perancangan Turbin Pelton harus memiliki frame yang kuat sebagai pendukung terbentuknya Turbin Pelton, dengan *frame* yang dirancang sesuai kebutuhan seperti sebagai tempat bak penampung air, pompa air, sudu Turbin Pelton dan pipa saluran air. Bahan yang digunakan adalah plat besi seperti yang ditampilkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2. *Design Turbin Pelton*

### Alur Penelitian



Gambar 3. Alur Penelitian

### Alat bantu yang digunakan

Peralatan bantu perakitan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mesin las listrik dan perlengkapannya
2. Kunci ring-pas
3. Kunci pipa
4. Obeng
5. Kikir
6. Gergaji
7. Palu
8. Mistar baja
9. Ragum
10. Gerinda
11. Mesin bor
12. Mesin bubut dan perlengkapannya
13. Amplas

14. Pisau cutter
15. Tap
16. Jangka sorong
17. Pemotong pipa
18. Penggaris siku
8. Memasang roda pada rangka dengan menggunakan mur baut yang kemudian diperkuat menggunakan las
9. Menyambung atau memasang poros pada generator yang juga diikuti dengan pemasangan generator yang sebelumnya dudukan generator telah dipasang ke rangka menggunakan mur baut

### Langkah Perakitan

Langkah yang dilakukan dalam perakitan adalah sebagai berikut :

1. Memasang unit *nozzle* pada rumah turbin dengan menggunakan baut
2. Memasang Rumah turbin ke rangka dengan menggunakan baut dan merapikan pemasangan tersebut dengan menggunakan dempul
3. Memasang support poros ke rangka dengan menggunakan mur baut kemudian diikuti penyambungan poros ke dalam rumah turbin dan ke *pully*
4. Memasang *runner* ke poros yang berada didalam rumah turbin
5. Setelah *runner* terpasang menutup rumah turbin dengan menggunakan akrilik yang telah dibuat dengan baut
6. Rangka yang dijelaskan diatas dibuat dengan besi profil kotak dan disambung menggunakan proses pengelasan
7. Memasang reservoir di rangka turbin bagian bawah, hanya diletakkan dan disambung ke inlet pompa dengan menggunakan selang berdiameter  $\frac{1}{2}$  inch dengan bantuan klem
10. Menyambung antar poros generator dengan poros turbin dengan menggunakan ulir
11. Menyambung instalasi perpipaan ke unit *nozzle* dan ke outlet pompa
12. Memasang pompa pada rangka bawah instalasi dengan menggunakan mur-baut

### Perancangan Poros dan Sudu Turbin Pelton

Seperti yang tampak pada bagan diagram alir di atas yang menjelaskan mengenai rangkaian proses kerja yang dilakukan. Rangkaian tersebut dimulai dari mendesain peralatan hingga proses pembuatan.

Setelah itu dilakukannya proses perakitan poros, sudu dan komponen penunjang lainnya seperti bearing dan lain-lain. Proses selanjutnya adalah proses pengujian komponen tersebut dengan cara

melakukan penghidupan mesin yang kemudian akan ditarik suatu kesimpulan tertentu.

Dalam perancangan sudu Turbin Pelton yang terlihat pada Gambar 4 dengan jumlah daun sudu sebanyak 20 buah



Gambar 4. Sudu Turbin pelton

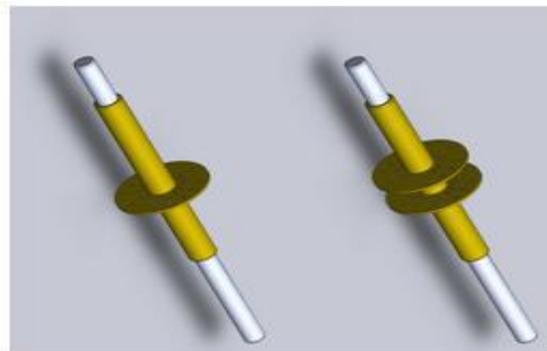
### **Pembuatan Poros dan Dudukan Sudu Turbin Pelton**

Untuk langkah awal pembuatan sudu pada Turbin Pelton yaitu diawali dengan pembuatan poros yang berfungsi sebagai titik pusat agar sudu turbin dapat berputar. Poros ini juga berfungsi sebagai pegangan salah satu dudukan sudu yang di las sehingga poros dan dudukan sudu menjadi satu. Poros ini berbahan dasar besi cukup ringan dan kuat untuk menahan beban sudu dan beban daya puntir yang terjadi pada saat turbin dioperasikan.

Pembuatan poros dipilih dari bahan ST 37 yang mana dalam pembuatannya melalui proses pembubutan menggunakan mesin bubut logam

Poros dipilih dari bahan ST 37 karena :

1. Bahan mudah didapat di pasaran
2. Mudah dalam pembuatan, seperti pembubutan.
3. Harganya lebih murah
4. Tidak mudah korosi
5. Tidak mudah patah



Gambar 5. Design Poros Turbin Pelton



Gambar 6. Dudukan Sudu Turbin

Komponen yang lainnya yaitu dudukan sudu turbin yang dapat dilihat pada

Gambar 6 berfungsi sebagai pegangan daun sudu turbin, dudukan sudu turbin ini terbuat dari plat. Dudukan sudu ini terdapat satu buah dengan ukuran dan tebal plat yang sama. Masing masing dudukan mempunyai lubang-lubang untuk pegangan daun sudu tidak terlepas dan goyang maka dibuat 3 lubang baut agar dudukan terpasang dengan kuat.



Gambar 7. Box Turbin Pelton

### **Bearing**

Bearing yang terlihat di Gambar 8 ini berfungsi sebagai bantalan atau penahan beban sudu turbin



Gambar 8. Bearing

### **Nozzle**

Yang terpenting lainnya adalah nozzle yang terlihat pada Gambar 9 dengan variasi diameter tertentu. Ada tiga buah nozzle yang mempunyai ukuran berbeda yaitu 2 mm, 2,5 mm, dan 3 mm. Nozzle juga mempunyai beberapa fungsi penting terhadap pengaruh putaran sudu Turbin Pelton tersebut, yaitu :

1. Mengarahkan pancaran air ke sudu turbin
2. Mengubah tekanan menjadi energi kinetik
3. Mengatur kapasitas air yang masuk ke turbin



Gambar 9. Nozzle

### **Perakitan Poros dan Sudu Turbin Pelton**

Setelah komponen lengkap dan siap digunakan, maka metode selanjutnya yang dilakukan adalah proses perakitan poros dan sudu turbin serta komponen-komponen penunjang lainnya yang berhubungan langsung dengan sudu Turbin Pelton ini.

Seperti yang tampak pada Gambar 9 yang merupakan gambar hasil perakitan antara poros dan sudu Turbin *Pelton* dengan menggunakan proses pengelasan.

Sudu Turbin *Pelton* merupakan komponen yang berfungsi untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros sudu dimana aliran air yang disemprotkan oleh nozzle kearah sudu mengakibatkan daun-daun sudu terdorong dan berputar.

Aliran air yang diarahkan langsung menuju sudu-sudu melalui pengarah atau *nozzle* ini juga menghasilkan daya pada sirip. Selama sudu berputar, gaya bekerja melalui suatu jarak sehingga menghasilkan kerja



Gambar 10. Poros dan Sudu Turbin *Pelton*

## Komponen Pendukung Turbin *Pelton* Pompa

### Spesifikasi pompa

Dari perhitungan Pompa yang dipilih adalah pompa sentrifugal dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk Pompa	: SHIMIZU
Type	: GP-125
Daya	: 0.5 HP
Frekuensi	: 50 Hz
Voltage	: 220-240 V

Pompa yang biasa digunakan pada turbin air berskala mikro adalah jenis sentrifugal. Pompa sentrifugal ini menciptakan kecepatan fluida kemudian mentransformasikannya ke energi tekanan saat fluida terlepas dari pompa melalui pipa-pipa pengalir.

Oleh karena itu head yang tercipta bisa dikatakan sebanding dengan energi kecepatan impeller maka digunakan pompa sentrifugal seperti yang ditampilkan pada Gambar 11 mengenai contoh gambar pompa sentrifugal.



Gambar 11. Pompa Sentrifugal

### Bak Penampung

Bak penampung ini berfungsi sebagai tempat penampungan air serta tempat buangan air setelah air menumbuk turbin yang terhubung dengan sisi isap pompa agar dapat disirkulasikan kembali. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12



Gambar 12. Bak Penampungan Air

### Pipa

Pipa merupakan salah satu komponen pada turbin ini yang berfungsi sebagai sarana penghubung antara satu komponen dengan komponen lainnya serta sebagai sarana untuk mengalirkan fluida air dari pompa yang menyuplai air dari bak penampungan air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 yang nantinya akan mengalir ke *nozzle*, aliran fluida air diatur dengan keran.



Gambar 13. Pipa Pengalir

### Katup Pengatur Tekanan

Katup pengatur tekanan ini mempunyai fungsi untuk mengatur tekanan fluida yang akan diteruskan ke nozzle sehingga debit aliran yang masuk ke turbin bisa terkontrol seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14



Gambar 14. Katup Pengatur Tekanan

### Selang

Selang di Gambar 14 pada Turbin *Pelton* ini fungsinya hampir sama dengan pipa, yaitu sebagai penghubung serta sarana agar fluida dapat mengalir. Tetapi

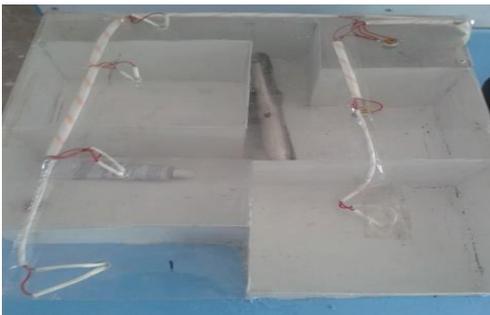
biasanya dialiri untuk fluida yang memiliki tekanan lebih kecil dibanding dengan aliran air di dalam pipa.



Gambar 15. Selang

### Lampu

pada Gambar 16 sebagai media cahaya yang menyala karena adanya aliran listrik hasil dari putaran turbin yang ditransmisikan ke alternator sehingga menghasilkan daya listrik.



Gambar 16. Lampu

### Alternator

Alternator merupakan komponen turbin air yang berfungsi untuk mengubah

energi mekanik menjadi energi listrik, mempunyai kapasitas 12 A seperti yang tampak pada Gambar 17.



Gambar 17. Alternator

Untuk melihat Konstruksi Turbin *Pelton* secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 18 dimana Turbin *Pelton* ini terdiri dari 3 bagian utama yaitu pompa, roda jalan dan alternator.



Gambar 18. Konstruksi Lengkap Turbin *Pelton*

### Sudut *Nozzle* Terhadap Sudu Turbin *Pelton*

Dalam Turbin *Pelton* ini hal yang tergolong cukup penting yaitu sudut antara *Nozzle* terhadap sudu Turbin *Pelton* seperti yang tampak pada Gambar 18 dalam

pengujian Turbin Pelton ini sudut Nozzle yang dipakai yaitu dengan sudut 30 mm. Percobaan dilakukan dengan tiga tahap yaitu:

1. Pengujian pada Diameter Nozzle 2 mm
2. Pengujian pada Diameter Nozzle 2.5 mm
3. Pengujian pada Diameter Nozzle 3 mm

Sudut *Nozzle* maupun ukuran dari diameter *Nozzle* sangat mempengaruhi putaran sudu Turbin Pelton dan daya listrik yang akan dihasilkan. Karena kecepatan aliran fluidanya akan berbeda sehingga akan berpengaruh kepada daya puntir pada sudu Turbin Pelton yang berakibat lemahnya daya listrik yang akan dihasilkan.



Gambar 19 Jarak *Nozzle* Terhadap Sudu Turbin Pelton

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan menggunakan beberapa alat ukur yang di butuhkan. Dalam proses pengambilan data menggunakan ukuran nozzle 2mm, 2,5 mm, dan 3mm dengan

dengan sudut nozzle primer 30° dan sekunder 30°. Setiap pengambilan data dilakukan secara teliti agar mendapatkan hasil yang akurat sehingga proses pengambilan data yang akan dilakukan selanjutnya juga dapat menghasilkan data yang akurat.

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui besaran poros yang berputar. Tachometer ini menggunakan alat infra merah yang di tembakkan cahayanya ke arah poros yang berputar sehingga dapat diketahui jumlah putaran (rpm) pada poros tersebut yang kemudian didapatkan hasil putaran dari poros sudu turbin pelton.

Tabel 1 Tabel pengujian pengambilan data

Kapasitas Aliran (Q) [L/menit]	Diameter Nozel [mm]	Sudut Nozel [°]	Jumlah Sudu	Tegangan [V]	Arus [A]	Putaran [Rpm]
15	3	P 35 S 35	20	4	0	1321
15	3	P 35 S 35	20	2	1.08	1198
14	3	P 35 S 35	20	4.41	0	1315
14	3	P 35 S 35	20	2.04	1.28	1203
13	3	P 35 S 35	20	4.8	0	1311
13	3	P 35 S 35	20	2.06	1.48	1208

Seperti yang tampak pada Tabel 1 dan ditampilkan grafik hubungan antara debit aliran fluida terhadap putaran sudu Turbin *Pelton* pada bukaan katup P35<sup>0</sup>, S35<sup>0</sup> menggunakan diameter *nozzle* 3mm dengan kapasitas aliran 15 L/min, 14 L/min dan 13 L/min, tampak jelas bahwa nozzle ukuran 3mm dengan kapasitas aliran 15 L/min tersebut paling banyak menghasilkan yang dihasilkan sebelum berbeban 1321 rpm dan setelah berbeban nozzle ukuran 3mm dengan kapasitas aliran 14 L/min menghasilkan putaran yang dihasilkan 1208 rpm. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar debit aliran fluida yang dihasilkan semakin besar pula putaran yang dihasilkan untuk memutar sudu Turbin *Pelton* tersebut.

### Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida

Dari data Tabel 1 dapat dilakukan perhitungan kecepatan aliran fluida serta dengan mencari Luas Penampang nozzle sebagai berikut ini.

$$v = \frac{Q}{A} \quad A = \pi r^2$$

Dimana :

$$d = 3mm = 3 \times 10^{-3}m$$

$$r = 1,5 \times 10^{-3}m$$

$$Q = 15 \text{ L/min}$$

$$= 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/s$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{2,5 \times 10^{-4}}{3,14 \times (1,5 \times 10^{-3})^2} \\ &= \frac{2,5 \times 10^{-4}}{4,71 \times 10^{-6}} \\ &= 53,07 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kapasitas aliran 14 l/min

$$d = 3mm = 3 \times 10^{-3}m$$

$$r = 1,5 \times 10^{-3}m$$

$$\begin{aligned} Q &= 14 \text{ L/min} \\ &= 2,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{2,3 \times 10^{-4}}{3,14 \times (1,5 \times 10^{-3})^2} \\ &= \frac{2,3 \times 10^{-4}}{4,71 \times 10^{-6}} \\ &= 48,83 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kapasitas aliran 13 l/min

$$d = 3mm = 3 \times 10^{-3}m$$

$$r = 1,5 \times 10^{-3}m$$

$$\begin{aligned} Q &= 13 \text{ L/min} \\ &= 2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{2,2 \times 10^{-4}}{3,14 \times (1,5 \times 10^{-3})^2} \\ &= \frac{2,2 \times 10^{-4}}{4,71 \times 10^{-6}} \\ &= 46,7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Tabel 2 Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida

Diameter (d) [m]	Debit Air (Q) $m^3/s$	Luas Penampang (A) $[m^2]$	Kecepatan Aliran (v) [m/s]
$3 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-4}$	$4,71 \times 10^{-6}$	53,07
$3 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-4}$	$4,71 \times 10^{-6}$	48,83
$3 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$4,71 \times 10^{-6}$	46,7

Proses perhitungan selanjutnya dicantumkan dalam bentuk Tabel 2 tersebut, semakin besar diameter *nozzle* dan debit aliran fluida, maka kecepatan aliran fluida tersebut akan semakin besar.

**Laju Aliran Massa Fluida**

$$\dot{m} = \rho_{air} \times A \times v$$

Dimana  $\rho_{air} = 1000 \text{ kg}/m^3$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{3-20} &= 1000 \times 47,1 \times 10^{-6} \times 53,07 \\ &= 0,24 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{3-16} &= 1000 \times 4,71 \times 10^{-6} \times \\ &48.83 \text{ m/s} \\ &= 0,22 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{3-12} &= 1000 \times 4,71 \times 10^{-6} \times \\ &46,7 \text{ m/s} \\ &= 0,21 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Tabel 3 Perhitungan Laju Aliran Massa

Diameter (d) [m]	Luas penampang (A) $[m^2]$	Kecepatan Aliran (v) [m/s]	Laju Aliran Massa Fluida (ṁ) [kg/s]
$3 \times 10^{-3}$	$4,71 \times 10^{-6}$	53,07	0,24
$3 \times 10^{-3}$	$4,71 \times 10^{-6}$	48,83	0,22
$3 \times 10^{-3}$	$4,71 \times 10^{-6}$	46,7	0,21

**Perhitungan Bilangan Reynold**

$$Re = \frac{v_s \times D}{\nu}$$

Viskositas Kinematik air ( $\nu$ ) =  $1,46 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\begin{aligned} Re_{3-20} &= \frac{35,4 \times 3 \times 10^{-3}}{1,46 \times 10^{-5}} \\ &= 7274 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re_{3-16} &= \frac{33,9 \times 3 \times 10^{-3}}{1,46 \times 10^{-5}} \\ &= 6966 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re_{3-12} &= \frac{32,6 \times 3 \times 10^{-3}}{1,46 \times 10^{-5}} \\ &= 6699 \end{aligned}$$

Dimana :

Aliran *Laminar* : Bilangan Reynold < 2300

Aliran *Transisi* : 2300 < Bilangan Reynold < 4000

Aliran *Turbulen* : Bilangan Reynold > 4000

**Perhitungan Daya Turbin**

$$P = \rho \times g \times H \times Q$$

Daya pada Q =  $2,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times H \times Q \\ &= 1000 \times 9,8 \times 0,6 \times 2,4 \times 10^{-4} \\ &= 1,411 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya pada Q =  $2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times H \times Q \\ &= 1000 \times 9,8 \times 0,6 \times 2,2 \times 10^{-4} \\ &= 1,293 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 4 Hasil Penelitian

Diameter (d) [m]	Debit Air (Q) [m <sup>3</sup> /s]	Luas Penampang (A) [m <sup>2</sup> ]	Kecepatan Aliran (v) [m/s]	Laju Aliran Massa Fluida (m) [kg/s]	Bilangan Reynold	Daya Turbin (watt)	Daya Listrik (watt)
3 × 10 <sup>-3</sup>	2,5 × 10 <sup>-4</sup>	4,71 × 10 <sup>-6</sup>	53,07	0,25	7274	1,411	1,77
3 × 10 <sup>-3</sup>	2,4 × 10 <sup>-4</sup>	4,71 × 10 <sup>-6</sup>	48,83	0,24	6966	1,293	2,14
3 × 10 <sup>-3</sup>	2,3 × 10 <sup>-4</sup>	4,71 × 10 <sup>-6</sup>	46,7	0,23	6699	1,234	2,5

Daya pada Q = 2,1 × 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \times g \times H \times Q \\
 &= 1000 \times 9,8 \times 0,6 \times 2,1 \times 10^{-4} \\
 &= 1,234 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Daya Listrik**

$$P = V.I.\cos\phi$$

Daya pada nozzle d = 3mm, kapasitas aliran 15 L/min

$$\begin{aligned}
 P &= V.I.\cos\phi \\
 &= 2,08.\cos35^\circ \\
 &= 1,77 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Daya pada nozzle d = 3mm, kapasitas aliran 14 L/min

$$\begin{aligned}
 P &= V.I.\cos\phi \\
 &= 2,04.1,28.\cos35^\circ \\
 &= 2,14 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Daya pada nozzle d = 3mm,kapasitas aliran 13 L/min

$$\begin{aligned}
 P &= V.I.\cos\phi \\
 &= 2,06.1,48.\cos35^\circ \\
 &= 2,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dimana semakin sedikit jumlah sudu maka daya listrik yang dihasilkan juga semakin besar.

**Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan matematis tentang Turbin Pelton di Tugas Akhir ini adalah :

1. Pada debit aliran fluida setiap perbedaan ukuran nozzle maka akan memiliki perbedaan pula pada titik maksimal debit aliran dalam hal bukaan katup. Pada diameter nozzle 2 mm diketahui bahwa nozzle dibukaan katup 30<sup>0</sup> debit aliran fluida yaitu sekitar 5,83 × 10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>/s dengan putaran yang dihasilkan sekitar 955 RPM. Untuk diameter nozzle 2,5 mm, debit yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup30<sup>0</sup> menghasilkan debit aliran sekitar 10,83 × 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s dengan hasil putaran 1203 RPM. Untuk diameter nozzle 3 mm, debit yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup 30<sup>0</sup> menghasilkan debit aliran sekitar

$21,67 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan hasil putaran 1320 RPM. Hal ini membuktikan semakin besar debit aliran fluida semakin besar pula putaran yang dihasilkan untuk memutar sudu Turbin

2. Untuk kecepatan fluida diketahui bahwa semakin besar diameter *nozzle* dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka kecepatan aliran fluida tersebut akan semakin besar
3. Dalam hal laju aliran massa fluida semakin besar diameter *nozzle* digunakan dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka semakin besar pula laju aliran massa fluida yang diperoleh. Hasil tertinggi dari laju aliran massa fluida yaitu  $21,67 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$
4. Daya listrik yang dihasilkan dengan menggunakan *nozzle* 2 mm terjadi pada bukaan katup  $30^\circ$  dengan daya listrik sebesar 1,0 Watt. selanjutnya pada *nozzle* 2,5 mm daya listrik yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup  $30^\circ$  dengan daya listrik sebesar 2,0 Watt. Hasil maksimal nya terjadi pada *nozzle* 3 yaitu pada bukaan katup  $30^\circ$  dengan hasil daya listrik sebesar 4,0 Watt. Meskipun memiliki persemakin besar ukuran diameter *nozzle* berpengaruh terhadap besarnya debit

aliran fluida, kecepatan fluida, laju aliran fluida dan putaran poros turbin sehingga semakin besar pula input daya listrik yang akan tercipta pada Turbin *Pelton* ini

## Saran

Berdasarkan Analisa dan pengamatan yang dilakukan dalam penelitian, penulis menyarankan beberapa hal berikut :

1. Penelitian selanjutnya disarankan harus lebih berhati-hati dalam melakukan pembacaan temperatur dan putaran Turbin sehingga didapatkan hasil pengamatan yang benar
2. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih presisi maka diperlukan peralatan yang lebih teliti lagi, misalnya dengan menggunakan pengukuran tekanan digital

## DAFTAR PUSTAKA

- Diklat Kuliah Pengenalan PLTA, 2008, Bidang Operasi dan Pemeliharaan PLTA, Udiklat Padang
- J.P. Holman, E. Jasjfi, 1984, Metode Pengukuran Teknik, Jakarta: Erlangga Memanfaatkan Tenaga Air dalam Skala Kecil"Yogyakarta: Andi Offset.
- Rachmad Imbang, 1984." Mesin Kalor dan Mesin Fluida" Bandung: PEDC Bandung.
- Streeter, Victor L & Wyle E. Benyamin. 1988. *Mekanika Fluida*. Erlangga, Jakarta.
- Sularso dan Harua Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor*. PT.Pradnya Paramita, Jakarta.

Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2002. *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. PT.Pradnya Paramita, Jakarta.