

---

## ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN DIAMETER NOSEL TERHADAP PRESTASI TURBIN PELTON

Oleh

Andi Agung Mulya Purnama<sup>1</sup>, Sulaiman Borahima<sup>2</sup>, Muhammad Syahrir<sup>3</sup>, Sattar Yunus<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muslim Indonesia, Makassar

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Email: [1andiagungmulya@gmail.com](mailto:1andiagungmulya@gmail.com)

---

### Article History:

Received: 01-03-2025

Revised: 08-03-2025

Accepted: 04-04-2025

### Keywords:

Potensi Tenaga Air, Turbin Pelton, Energi Listrik

**Abstract:** Seiring dengan perkembangan jumlah penduduk maka kebutuhan akan tenaga listrik semakin meningkat, sementara ketersediaan bahan bakar fosil (tak terbarukan) semakin menipis sehingga perlu mencari sumber energi listrik yang tidak menggunakan bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sumber energi listrik yang tidak menggunakan energi dari bahan bakar fosil tetapi menggunakan energi terbarukan, salah satunya adalah menggunakan sumber energi air seperti menggunakan Sistem mikrohidro (turbin air) yang telah dikembangkan di beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pedalaman antara lain Peltric Set di Nepal, Columbian Alternator System di Kolombia, dan Pico Power Pack di Amerika. Ketiga sistem tersebut menggunakan turbin impuls sebagai penggerak, potensi tenaga air dan pemanfaatannya pada umumnya sangat berbeda jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga lain. Sumber tenaga air merupakan sumber yang dapat diperbarui. Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan di dalam nosel dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. penelitian ini dilakukan dengan merubah diameter nozzle. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut; penggunaan diameter 8mm menghasilkan daya air maksimal pada beban 500 dan putaran 1400 rpm sebesar 462,1 watt dan menghasilkan daya turbin maksimal pada beban 500 watt dan putaran 1400 rpm sebesar 302,25 watt. Pada penggunaan

*diameter 10mm nozzle menghasilkan daya air maksimal pada beban 500 watt dan putaran 1400 rpm sebesar 493,21 watt dan menghasilkan daya turbin maksimal pada beban 500 watt dan putaran 1400 rpm sebesar 317,75 watt . pada penggunaan diameter 12mm nozzle menghasilkan daya air maksimal pada beban 500 watt dan putaran 1400 rpm sebesar 512,73 watt dan menghasilkan daya turbin maksimal pada beban 500 watt dan putaran 1400 rpm menghasilkan sebesar 348,75 watt. Jadi penggunaan diameter 12mm menghasilkan daya air dan daya turbin lebih dibandingkan menggunakan diameter 8mm dan 10mm*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak digaris katulistiwa. Keberadaan wilayah indonesia membuat begitu banyak ragam sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan dan merupakan daya rangsang bagi kita untuk melakukan penelitian atau berbagai macam kajian agar memperoleh sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari yang terus mengalami peningkatan.

Kebutuhan akan energi hampir di semua wilayah meningkat secara signifikan. Tetapi jika dilihat dari energi yang dapat dihasilkan sangat terbatas dan juga masih sangat mahal untuk mendapatkannya. Apabila hal ini terus berlanjut, tidak bisa dipungkiri bahwa krisis energi di setiap wilayah akan melanda. Maka dari itu hal ini telah menjadi perhatian para ahli untuk menemukan sumber-sumber energi baru yang lebih murah dan ketersediaannya dalam jumlah yang besar pula. Sumber energi yang lazim digunakan ialah energi minyak bumi, gas alam, dan batubara. Sedangkan sumber energi dari air, panas bumi, radiasi matahari dan energi nuklir masih dalam proses pengembangan. Sebagaimana yang telah kita ketahui, persediaan sumber energi minyak bumi, gas alam dan batubara sangat terbatas dan apabila digunakan secara terus menerus sumber energi tersebut akan habis. Perkembangan teknologi yang semakin maju saat ini banyak dikembangkan peralatan peralatan yang inovatif serta tepat guna. Dalam bidang teknik mesin terutama pada konsentrasi konversi energi diperlukan pengetahuan tentang bagaimana menghasilkan suatu sumber energi yang nantinya akan berguna untuk diterapkan dimasyarakat luas.

Salah satu teknologi tepat guna untuk mendapatkan energi yang lebih murah ialah inovasi turbin pelton. Turbin pelton adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda pada turbin. Dari prinsip kerjanya, turbin dapat dikatakan sebagai mesin yang digerakkan oleh fluida yang berdensitas konstan. Penerapan turbin sangat luas didunia industri maupun di kehidupan sehari hari. Pemilihan turbin didesain dan disesuaikan dengan instalsi serta keadaan lapangan , sehingga untuk mendesain turbinnya pada kondisi tertentu sehingga pemanfaatannya fleksibel dan lebih luas. Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air, dan proses yang terjadi adalah perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis yang berupa putaran poros. Turbin pelton termasuk dalam kelompok jenis turbin impuls. Karakteristik umumnya adalah

masuknya sebagian aliran air kedalam runner pada tekanan atmosfer. Pada turbin pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda runner. Oleh karena itu turbin pelton disebut juga turbin pancaran bebas. Penyempurnaan terbesar yang dilakukan turbin pelton yakni dengan menerapkan perubahan sudut serang nosel untuk menambah efisiensi turbin pelton.

Kinerja dari suatu sudut turbin pelton dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu ketinggian jatuh air (head), debit aliran, jumlah nosel, sudut nosel. Selain ketinggian air jatuh dan debit aliran yang paling mempengaruhi kecepatan putaran dari runner turbin pelton.

Dari uraian masalah diatas, maka dari itu penelitian "ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN DIAMETER NOSEL TERHADAP PRESTASI TURBIN PELTON" untuk menganalisa dan mengetahui hubungan antara perubahan diameter nosel terhadap prestasinya. Hal ini diharapkan dapat memberikan informasi prestasi turbin pelton untuk kemudian dikembangkan dimasa yang akan datang.

## LANDASAN TEORI

### 1. Pengertian Dasar Turbin Air

Sistem mikrohidro telah dikembangkan di beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pedalaman antara lain Peltric Set di Nepal, Columbian Alternator System di Kolombia, dan Pico Power Pack di Amerika. Ketiga sistem tersebut menggunakan turbin impuls sebagai penggerak (*Maier and Smith, 2001*).

Kualitas aliran jet yang dihasilkan oleh nosel dapat mempengaruhi kinerja turbin. Penelitian tentang hal ini dilakukan oleh (*Kvicinsky dkk, 2002*), dimana analisis aliran jet pada permukaan sudut turbin dilakukan secara numerik maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudut sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah. *Staubli dan Hauser (2004)* memvisualisasikan aliran jet keluar nosel berpenampang lingkaran dalam berbagai bentuk divergensi dengan cara memodifikasi dalam berbagai sudut jarum governor pada nosel. Divergensi jet ternyata berpengaruh terhadap karakteristik jet pada permukaan sudu. Hasil modifikasi menunjukkan peningkatan kinerja turbin, yang berarti modifikasi geometri nosel dapat menambah kualitas aliran jet yang dihasilkan nosel.

### 2. Potensi Tenaga Air

Potensi tenaga air dan pemanfaatannya pada umumnya sangat berbeda jika dibandingkan dengan penggunaan tenaga lain. Sumber tenaga air merupakan sumber yang dapat diperbarui. Potensi secara keseluruhan tenaga air relatif kecil dibandingkan jumlah sumber bahan bakar fosil. Untuk menentukan pemakaian suatu potensi sumber tenaga air, ada tiga factor utama yang harus diperhatikan yaitu jumlah air yang tersedia, tinggi jatuh air yang dimanfaatkan, dan jarak lokasi, (*Muliawan, 2016*) Debit air yang mengalir dapat dituliskan seperti pada persamaan (*Tung, 2005*)

$$Q = V/t \quad (2.1)$$

Keterangan :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume air (m<sup>3</sup>)

$t$  = Waktu (s)

Daya air yang dapat dimanfaatkan oleh turbin dapat dihitung berdasarkan persamaan 2. (Tung, 2005)

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (2.2)$$

Keterangan :

$P$  = Tekanan air (watt)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )  $Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$g$  = Percepatan gravitasi bumi ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$H$  = Ketinggian (m)

### 3. Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu- sudu turbin oleh nossel. Putaran dari sudu- sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

### 4. Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

#### A. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nossle.

#### B. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin air yang cara kerjanya dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi putar dengan runner turbin sepenuhnya tercelup didalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin jenis ini digunakan untuk aplikasi turbin dengan head rendah dan medium. Jenis turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini yaitu turbin Francis dan turbin Kaplan. (Gusti Ngurah Saputra dkk, 2020)

### 5. Jenis-jenis Turbin Air

#### A. Turbin Francis

Turbin Francis adalah termasuk jenis turbin reaksi. Konstruksi turbin terdiri dari sudut pendarahan dan sudut jalan, kedua sudutnya terendam dalam air. Perubahan energi seluruhnya terjadi pada sudut pendarahan dan sudut gerak. Air pertama masuk terusan berbentuk rumah keong. Aliran air masuk ke sudut pendarahan dengan kecepatan semakin tinggi dan tekanan yang semakin turun sampai roda jalan, pada roda jalan kecepatan akan naik lagi dan tekanan turun sampai dibawah 1atm. Untuk menghindari kavitas, tekanan harus dinaikan sampai 1 atm dengan cara memasang pipa isap. Pengaruh daya yang dihasilkan yaitu dengan mengatur posisi pembukaan sudut pendarahan, sehingga kapasitas air yang masuk ke roda turbin dapat diperbesar atau diperkecil. Turbin francis dapat dipasang dengan poros horizontal dan vertikal. (Abdul Makhsud, 2012).

#### B. Turbin Kaplan

Tidak berbeda dengan turbin francis, turbin kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Jika baling baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada turbin kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya  $F$  yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada turbin francis, sudut-sudut pada roda jalan turbin kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. (Abdul Makhsud,2012)

Turbin Kaplan mempunyai keuntungan harga yang lebih murah bila dipakai satu tenaga listrik yang besar yang terdiri dari beberapa buah turbin dan secara sendiri-sendiri masing-masing mesin dioperasikan untuk kapasitas air yang konstan. Sebagai contoh 6 buah turbin masing-masing 35.000 Kw dipusat tenaga Brokopondo, Suriname, (Escher-Wyss 1965).

#### C. Turbin Pelton

Turbin pelton adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. (Rully Septiadi 2019). Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan di dalam nosel dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Pancaran air yang keluar dari nosel akan menumbuk bucket yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat bucket. Kecepatan keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas noselnya serta efisiensinya.

Bentuk sudu turbin terdiri dari 2 bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping.

Jenis turbin ini memiliki satu atau beberapa jet penyemprot air untuk memutar piringan. Tak seperti turbin jenis reaksi, turbin ini tidak memerlukan tabung diffuser. (Muhammad saleh simamora 2012)

#### D. Turbin Turgo

Turbin turgo adalah salah satu jenis turbin impuls yang sering digunakan pada PLTMH yang memiliki tinggi jatuh (head) yang tinggi karena bentuk kelengkungan sudut yang tajam. Turbin turgo dikembangkan pada tahun 1919 oleh Gilkes sebagai modifikasi Turbin Pelton.

Turbin turgo adalah jenis turbin yang sesuai untuk menggantikan turbin pelton nosel ganda (Multinozzel) dengan head rendah maupun turbin Francis dengan head tinggi yaitu turbin turgo dapat bekerja pada head menengah 15 meter sampai 30 meter (Anagnostopoulos dan Papantonis 2008).

## 6. Komponen Utama Turbin Pelton

### 1. Rumah Turbin

Rumah Turbin selain sebagai tempat turbin terpasang juga berfungsi menangkap dan membelokkan percikan aliran air keluar mangkuk sedemikian hingga baik runner maupun pancaran tidak terganggu.

### 1. Runner

Runner turbin pelton pada dasarnya terdiri atas cakra dan sejumlah mangkuk terpasang sekelilingnya.

Kecepatan keliling *runner* dapat dihitung dengan persamaan: (Eisenring, M, 1994).

#### 1. Nozzel

Nozzel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada pipa dan jarum nosel yang biasa digerakkan didalam belokan pipa kerucut jarum dan selubung yang cepat aus.

#### 2. Mangkuk

Mangkuk turbin pelton dipasang ke rotor dengan sambungan positif. Dilakukan dengan memberi bentuk *dovetail* pada tangkai mangkuk.

#### 3. Poros

Poros merupakan salah satu bagian terpenting dari setiap mesin.

#### 4. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan lama pemakaiannya.

#### 5. Generator Listrik

Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik. Jadi disini generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik yang mempunyai prinsip kerja sebagai berikut: Bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbulah arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang ke dua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat sebagai terminal penghubung keluar.

#### 6. Perhitungan pipa Pesat

Pada pemilihan pipa dapat ditentukan harga perkiraan kekasaran pipa  $k$  dibagian dalam dengan menggunakan diagram Moody sesuai dengan rencana umur pipa. Dari situ maka harga  $k/d$  dapat diperoleh sehingga dengan menggunakan diagram Moody nilai  $f$  didapat.

### 2.1. Prinsip Turbin Impul dan Reaksi

Turbin impuls adalah turbin ini merubah arah dari aliran fluida berkecepatan tinggi menghasilkan putaran impuls dari turbin dan penurunan energi kinetik dari aliran fluida. Tidak ada perubahan tekanan yang terjadi pada fluida, penurunan tekanan terjadi di nozzle. Turbin reaksi adalah turbin ini menghasilkan torsi dengan menggunakan tekanan atau massa gas atau fluida. Tekanan dari fluida berubah pada saat melewati sudu rotor. Pada turbin jenis ini diperlukan semacam sudu pada casing untuk mengontrol fluida kerja seperti yang bekerja pada turbin tipe multistage atau turbin ini harus terendam penuh 2 pada fluida kerja seperti pada kincir angin

## METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan Laboratorium Fenomena Mesin-Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia ( UMI ) pada bulan februari 2023 sampai selesai.

### 2. Alat Penelitian

Seperangkat alat pengujian turbin.

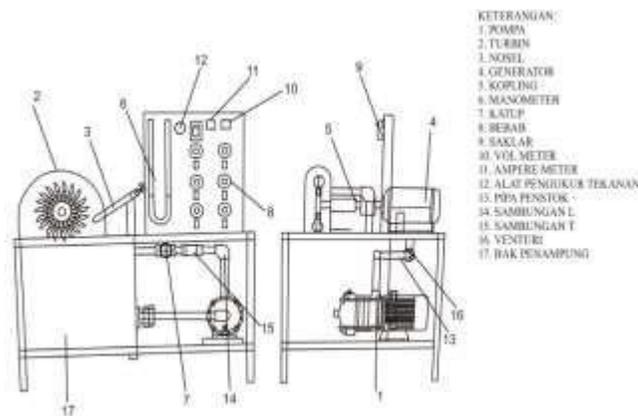
- a. Manometer untuk mengukur tekanan air raksa.
- b. Thermometer untuk mengukur suhu air.
- c. Multi Tester.
- d. Seperangkat lampu listrik.
- e. Taco meter untuk mengukur putaran (RPM).

**a. Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian yang digunakan untuk menganalisa perubahan diameter nosel terhadap prestasi turbin pelton sebagai berikut:

1. Tekan tombol ON pada mesin.
2. Mengatur diameter sesuai data yang diamati dan diuji.
3. Tekan tombol ON pada saklar lampu (Beban) sesuai data yang diamati dan diuji.
4. Amati dan baca alat ukur yaitu thermo meter, mano meter, taco meter, volt meter, ampere meter, dan pressure gauge.
5. Mengulangi prosedur 1 sampai 4 sebanyak 5 kali.
6. Tekan tombol OFF pada saklar lampu dan mesin.

Instalasi Pengujian



Gambar 3.1 Instalasi Pengujian

Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

$$= 0,0005 \text{ m}^2$$

$A_2$  = Luas penampang orifice

$$= \pi d_2^2$$

4

$d_2$  = Diameter orifice

$$= 0,014 \text{ m}$$

$$= 3,14 \cdot 0,014^2$$

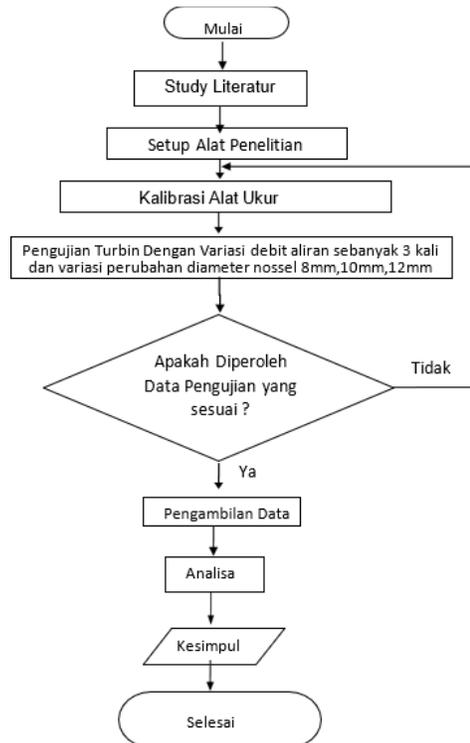
4

$$= 0,0002 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \rho Hg &= \text{Massa jenis air raksa} \\ &= 13,600 \text{ kg/m}^3 \\ \Delta h &= 32 \text{ cmHg} \\ &= 0,32 \text{ m} \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Jadi:

$$\begin{aligned} V_2 &= \\ &2,9,81 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{13,600 - 1000} \\ &\sqrt{1000 \left(1 - \left(\frac{0,0002}{0,0005}\right)^2\right)} \\ &= 8,474 \text{ m/s} \end{aligned}$$



Gambar 3.2 Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisa Perhitungan

Temperatur air (T) : 30°C  
 Putaran turbin (n) : 1000 rpm Beban : 100 Watt  
 Arus (A) : 0,1 A  
 Tegangan (V) : 35 V  
 Tekanan air (P) : 1,6 kgf/cm<sup>2</sup>

#### 1. Kecepatan aliran

Untuk mengetahui kecepatan aliran air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta h \cdot (\rho_{Hg} - \rho_{H_2O})}{\rho_{H_2O} \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right)}}$$

Dimana :

$$A_1 = \text{Luas penampang pipa} \\ = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

$$d_1 = \text{Diameter pipa} \\ = 0,0254 \text{ m} \\ = \frac{3,14}{4} 0,0254^2$$

$$= 0,0005 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \text{Luas penampang orifice} \\ = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$$d_2 = \text{Diameter orifice} \\ = 0,014 \text{ m} \\ = \frac{3,14}{4} 0,014^2 \\ = 0,0002 \text{ m}^2$$

$$\rho_{Hg} = \text{Massa jenis air raksa} \\ = 13,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta h = 32 \text{ cmHg} \\ = 0,32 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Jadi:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,32 \cdot (13,600 - 1000)}{1000 \left(1 - \left(\frac{0,0002}{0,0005}\right)^2\right)}} \\ = 8,474 \text{ m/s}$$

## 2. Debit air (Q)

Debit air dapat diperoleh dengan mengetahui kecepatan dan luas penampang ventur dengan persamaan di bawah ini:

$$Q = C_d \cdot A_2 \cdot V_2$$

Dengan :

$$C_d = \text{Koefisien orifice} \\ = 0,65$$

$$A_2 = \text{Luas penampang orifice} \\ = 0,0002 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \text{Kecepatan aliran orifice} \\ = 8,474 \text{ m/s}$$

Sehingga :

$$Q = 0,65 \cdot 0,0002 \cdot 8,474$$

$$= 0,000847 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3. Head efektif (He)

Dari hasil pengujian dengan mengetahui tekanan air maka head efektif dapat dicari dengan membagi massa jenis air dan gravitasi dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$He = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

Dengan :

$$P = \text{Tekanan air}$$

$$= 1,6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$= 16000 \text{ N/m}^2$$

$$= 9,81 \cdot 16000$$

$$= 156960 \text{ Pa}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air}$$

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

$$g = \text{Percepatan gravitasi}$$

$$= 9,81 \text{ m/s}^2$$

Jika :

$$He = \frac{N/m^2}{kg/m^3 \cdot m/s^2}$$

$$= \frac{N/m^2}{N/m^3}$$

Maka :

$$He = \frac{156960}{1000 \cdot 9,81}$$

$$= 16 \text{ m}$$

### 4. Daya air (Na)

Untuk mengetahui daya air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Na = P \cdot g \cdot Q \cdot He$$

Dengan:

Dengan:

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Tekanan air} \\
 &= 156960 \text{ p}_a \\
 g &= \text{percepatan gravitasi} \\
 &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 Q &= \text{Debit air} \\
 &= 0,000847 \text{ m}^3/\text{s} \\
 H_e &= \text{Head efektif} \\
 &= 16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 N_a &= \frac{156960 \cdot 9,81 \cdot 0,000847}{16} \\
 &= 133,018 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

5. Daya generator pengujian ( $N_g$ ) Daya output generator adalah :  $N_g = I \cdot V$

Dengan:

$$\begin{aligned}
 V &= \text{Tegangan listrik} \\
 &= 35 \text{ V} \\
 I &= \text{Arus listrik} \\
 &= 1,0 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 N_g &= 1,0 \cdot 35 \\
 &= 35 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

6. Daya Turbin ( $N_t$ )

Dengan mengetahui daya generator maka daya turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_t = \frac{N_g}{0,8}$$

Dengan:

$$\begin{aligned}
 N_g &= \text{Daya generator} \\
 &= 35 \text{ Watt} \\
 \eta_g &= \text{Efisiensi generator} \\
 &= 0,8 \\
 N_t &= \frac{35}{0,8} \\
 &= 43,75 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

7. Efisiensi turbin ( $\eta_t$ )

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_t = \frac{N_t}{N_a} \times 100$$

Dengan:

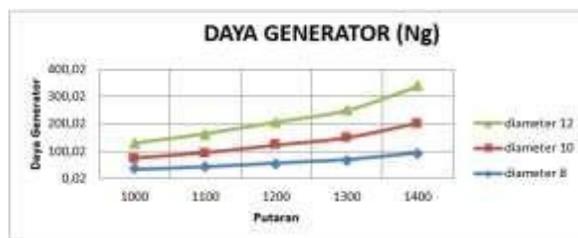
$$N_t = \text{Daya turbin} \\ = 43,75 \text{ Watt}$$

$$N_a = \text{Daya air} \\ = 133,018 \text{ Watt}$$

Maka:

$$\eta_t = \frac{43,75}{133,018} \times 100\% \\ = 32,89 \%$$

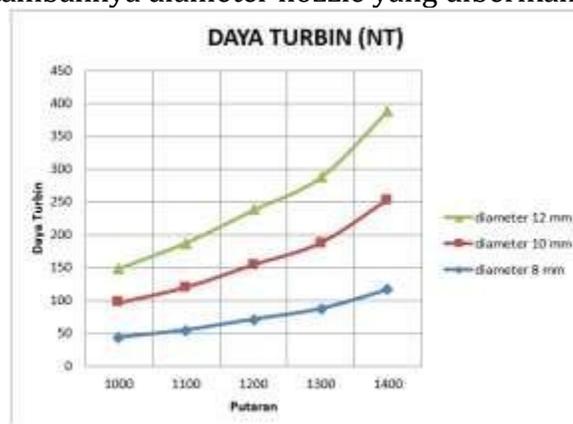
#### 4.1. Grafik dan Analisa



Grafik 4.1 Grafik hubungan antara putaran terhadap gaya generator

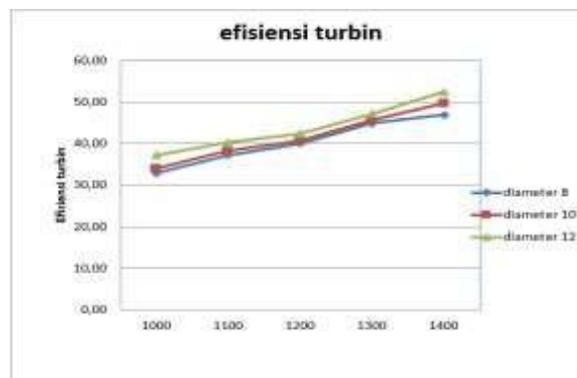
Berdasarkan grafik 4.1 di atas dilihat bahwa semakin besar putaran yang diberikan maka daya generator akan semakin tinggi yang dihasilkan, artinya tekanan air yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan putaran yang diberikan pada kondisi pengujian turbin pelton.

Pada diameter 8 mm perubahan beban 100 watt dan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan daya generator sebesar 35 watt sampai 93,6 watt, untuk diameter 10 mm pada beban 100 watt dengan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan daya generator sebesar 42 watt sampai 109,2 watt dan untuk diameter 12 mm pada perubahan beban 100 watt dengan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan daya generator sebesar 52,5 watt sampai 135,2 watt. Dari perubahan diameter nozzle yang diberikan pada pengujian turbin pelton, daya generator mengalami peningkatan seiring bertambahnya diameter nozzle yang diberikan.



Grafik 4.2 Grafik hubungan antara putaran terhadap daya turbin

Berdasarkan grafik 4.2 Dapat dilihat dari bahwa semakin besar putaran yang dihasilkan makasa semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan hal ini disebabkan karena bertambahnya putaran maka debit yang dihasilkan akan semakin besar dan kecepatan pancaran semakin besar dan mengakibatkan tekanan air yang mengenai sudut-sudut turbin akan semakin besar. Jadi dengan putaran turbin yang semakin besar yang menyebabkan torsi semakin meningkat. Pada diameter 8mm perubahan putaran pada beban 100 watt dan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan daya turbin sebesar 43,75 watt sampai 117 watt. Untuk diameter 10mm perubahan putaran pada beban 100 watt dengan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan daya turbin sebesar 52,5 watt sampai 136,5 watt dan untuk diameter 12mm putaran pada beban 100 watt dengan putaran sebesar 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan sebesar 65,625 watt sampai 169 watt. Dari perubahan diameter yang diberikan pada pengujian yaitu diameter 8mm, 10mm dan 12mm daya turbin mengalami kenaikan seiring bertambahnya putaran yang berikan.



Grafik 4.2 Grafik hubungan antara putaran terhadap Efisiensi Turbin

Dari grafik 4.3 Kenaikan efisiensi turbin ( $\eta$ ) disebabkan oleh penambahan beban yang semakin besar, dalam hal ini putaran turbin ( $n$ ) dipengaruhi oleh perubahan beban, semakin besar beban yang diberikan maka putaran turbin mengalami kenaikan hal ini dikarenakan energy kinetic pada air yang mengenai sudut turbin sebagai yang digunakan pada beban, maka putaran turbin naik seiring penambahan beban, hal ini dapat diasumsikan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka energy kinetic yang digunakan semakin besar dimana debit ( $Q$ ) mengalami perubahan. Sehingga efisiensi turbin ( $\eta$ ) berbanding terbalik terhadap putaran turbin ( $n$ ) seperti yang terlihat pada kurva.

Perubahan putaran ( $n$ ) pada diameter 8mm dengan putaran 1000 rpm sampai 1400 rpm dan beban 100 watt sampai 500 watt menghasilkan efisiensi turbin ( $\eta$ ) sebesar 32,89% sampai 46,95%, untuk diameter 10mm dengan putaran 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan efisiensi turbin ( $\eta$ ) sebesar 34,04 % sampai 49,65 % dan untuk diameter 12mm dengan putaran 1000 rpm sampai 1400 rpm menghasilkan efisiensi turbin ( $\eta$ ) sebesar 37,21 % sampai 52,46 % Dari ketiga kondisi tersebut yang diberikan pada pengujian yaitu diameter 8mm, 10mm, dan 12mm. Efisiensi turbin mengalami kenaikan seiring bertambahnya beban yang bervariasi.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan mengacu pada rumusan masalah, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perubahan diameter nozzle dapat mempengaruhi daya air dan ketinggian (*Head*) pada pengujian turbin pelton. Pada penggunaan diameter 8mm beban 100 dan putaran 1000 menghasilkan daya air sebesar 133,01 watt dan menghasilkan ketinggian (*Head*) sebesar 16 m. Pada penggunaan diameter 10mm beban 100 dan putaran 1000 menghasilkan daya air sebesar 154,25 watt dan menghasilkan ketinggian (*Head*) sebesar 18 m. Pada penggunaan diameter 12mm beban 100 dan putaran 1000 menghasilkan daya turbin sebesar 176,35 watt dan ketinggian (*Head*) sebesar 20 m.
2. Pada pengujian turbin pelton menghasilkan daya turbin dan efisiensi tertinggi terjadi pada penggunaan diameter 12mm beban 100 dan putaran 1000 dengan daya turbin sebesar 65,625 watt dan efisiensi sebesar 37,21%, dibandingkan pada penggunaan diameter 10mm beban 100 dan putaran 1000 dengan daya turbin 52,5 watt dan efisiensi sebesar 34,04% dan pada penggunaan diameter 8mm beban 100 dan putaran 1000 dengan daya turbin sebesar 43,75 watt dan efisiensi sebesar 32,89%.

## Saran

Pada saat pengujian turbin pelton harus teliti pada saat pembacaan alat ukur atau pengambilan data untuk memperoleh hasil yang akurat pada saat pengolahan data.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anagnostopoulos dan Papantonis (2008). Flow Modeling and Runner Design Optimization in Turgo Water Turbines, International Journal of Applied Science Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. Lausanne
- [2] Escher-Wyss, (1965). The Micro-Hydro Pelton Turbine Manual, ITDG, Southampton Row, London
- [3] Eisenring, M, (1994). Micro Pelton Turbines Muliawan, (2016). Analisa Daya dan Efisiensi
- [4] Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner.
- [5] Dietzel, (1988). Turbin Pompa dan Kompresor, Cetakan ke-5 Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Kvicinsky, (2002). Experimen And Numerical Analysis of Free Surface Flows in A Rotating Bucket. Proceedings of the xxi st IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems.
- [7] Sularso dan Suga, (1997). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita
- [8] Tung, (2005). Komputasi Simbolik Fisika Mekanika Berbasis Maple, Vektor, Mekanika Gerak, Gaya Energi dan Momentum.
- [9] Staubli T, and HP Hauser. 2004. Flow Visualization-Adiagnosis Tool for Pelton turbines. IGHEM2004. Lucerne.
- [10] Maher and Smith, (2001). Analisa Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner.
- [11] Harvey Aetal, (2006). Micro Hydro Desain Manual, ITDG publishing Warwickshire UK.

- [12] Rully Septiadi, (2019). Jurnal Optimasi Desain Turbin Pelton Menggunakan 3 Nozzle dan Variasi Kemiringan Sudu Hingga Lima Belas Derajat Menggunakan Metode Taguchi.
- [13] Abdul Makhsud, (2012). Buku Mekanika fluida Teori dan Aplikasi. Makassar: Universitas Muslim Indonesia Makassr.
- [14] RahmadSamosir, (2018). Jurnal Pegaaruh Jumlah Nozzle Pada Turbin Pelton. Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia.
- [15] MuhammadSalehSimamora, (2012). Jurnal Perancangan Alat Ujih Prestasi Tutbin Pelton. Teknik Mesin Universitas Pasir Pegaraian.
- [16] SuriantoBuyung (2016 ). Jurnal analisis pengaruh tinggi jatuhnya air (head) terhadap daya pembangkit listrik tenaga micro hydro tipe turbin pelton. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- [17] I Gusti Ngurah Saputra, LieJasa, IWayanArtaWijaya (2020). Jurnal pengaruh jumlah sudu pada prototype pltmh dengan menggunakan turbin pelton terhadap efisiensi yang dihasilkan. Teknik Elektro Universitas Udayana.

---

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN