

# KAJIAN KINERJA TURBIN AIR KAPASITAS 10 KW UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DAERAH BEROD PUNCAK GUNUNG CIREMAI DENGAN PIPA 6 INC, 8 INC DAN 10 INC

Srihanto.

Prodi Teknik Mesin , FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,  
srihanto58@gmail.com

## Abstrak

Untuk mengurangi beban listrik nasional dan karena pasokan listrik yang belum mampu menjangkau daerah-daerah terpencil, dibangunlah turbin mikrohidro untuk memenuhi kebutuhan listrik di pos 1 Berod akses menuju puncak gunung ciremai. Dengan dibangunnya turbin mikrohidro, maka dibutuhkan analisa perhitungan untuk mengetahui kemampuan serta kapasitas maksimal turbin dalam memasok tenaga listrik. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Tujuan penelitian untuk mengetahui kinerja atau kemampuan turbin yang terpasang tersebut. Metode penelitian dilakukan langsung ke lokasi daerah Berod guna mendapatkan data awal untuk kemudian dilakukan dengan analisa perhitungan dengan rumus-rumus kinerja turbin pelton dari buku referensi dan aplikasi web. Setelah dilakukan analisa perhitungan dari diameter pipa sebesar 6 inch dengan kecepatan turbin sebesar 340 rpm, didapat hasil Analisa laju aliran  $Q = 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$ , daya  $N = 11,466 \text{ kW}$ , kecepatan spesifik  $N_s = 65 \text{ rpm}$ , Efisiensi Turbin = 29 %. Sedangkan untuk pipa berdiameter 8 inch dengan kecepatan turbin sebesar 388 rpm didapat hasil  $Q$  (debit air) =  $0.346 \text{ m}^3/\text{s}$ , daya  $N = 20,345 \text{ kW}$ , kecepatan  $N_s = 84.7 \text{ rpm}$ , Efisiensi Turbin = 20.6 %. Dan untuk pipa diameter 10 inch dengan kecepatan turbin sebesar 436 rpm didapat hasil laju aliran  $Q = 0.541 \text{ m}^3/\text{s}$ , daya turbin  $N = 31.81 \text{ kW}$ , kecepatan spesifik  $N_s = 97,5 \text{ rpm}$ , Efisiensi turbin Pelton = 13.8 %.

**Kata kunci : turbin pelton, kinerja diameter efisiensi**

## 1. PENDAHULUAN.

Salah satunya pembangkit listrik tenaga air yang terletak di kaki gunung ciremai merupakan hasil dari swadaya masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik daerah. Pasokan listrik yang ada saat ini, hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan beberapa wilayah di pos 1 berod. Namun, berdasarkan pada Rencana Ketenagalistrikan Nasional (RKN) yang mengedepankan pada prinsip efisiensi dan efektifitas nasional, maka pembangkit listrik yang ada saat ini sebaiknya digunakan pula untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik wiayah-wilayah disekitar pos 1 berod. Pemerintah daerah memberikan perhatian lebih untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di pulau-pulau terluar melalui implementasi natasehinggaseluruh lapisan masyarakat mendapat akses listrik ( Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015)

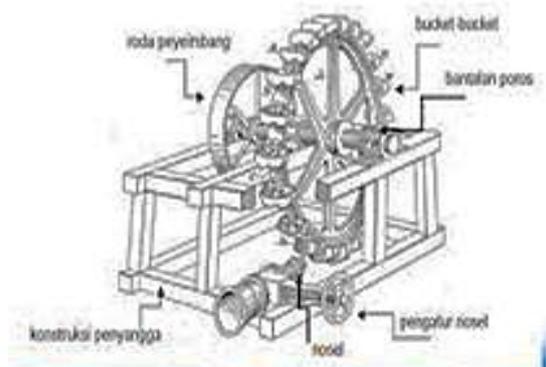
Pasokan listrik yang ada belum tentu memenuhi kebutuhan listrik untuk wilayah sekitarnya, hal itu dipengaruhi oleh banyaknya jumlah penduduk yang ada di wilayah tersebut dan luasnya daerah yang

akan dialiri listrik. Maka, untuk memastikan kebutuhan listrik di wilayah pos 1 Berod, dibutuhkan perhitungan dengan estimasi-estimasi yang cukup luas, sehingga pasokan pembangkit listrik yang ada mampu memenuhi kebutuhan listrik di pos 1 berod. Selain itu, efisiensi dan kecepatan spesifik turbin juga mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin, sehingga pasokan listrik untuk daerah dapat ditentukan pula oleh efisiensi dan kecepatan spesifik turbin. Oleh karena itu, diperlukan analisa serta perhitungan yang lebih jelas untuk mengetahui daya maksimal turbin, yang dapat menghasilkan pasokan listrik untuk digunakan sebagai penerangan di wilayah pos 1 berod. Untuk menentukan kinerja Turbin tersebut penelitian dilakukan dengan menggunakan pipa pesat 6 inc, 8 inc dan 10 inc.

### 1.1.Pengertian Turbin

Turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Bagian turbin yang berputar dinamai rotor atau roda turbin., sedangkan bagian yang tidak berputar dinamai

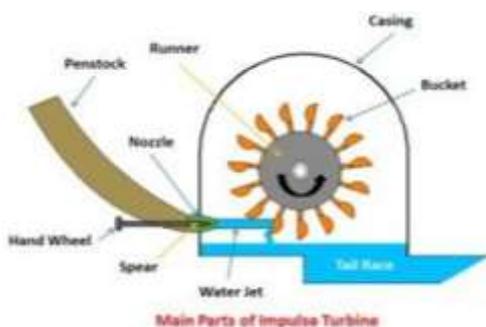
stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya). Di dalam turbin fluida kerja mengalami proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan, dan mengalir secara kontinu. Fluida kerjanya dapat berupa air, uap air, atau gas (Arismunandar, Wiranto. 2004).



Gambar 1. Turbin air. (<https://www.slideshare.net/slideshow/turbin-air-diunduh-11-6-24>)

## 1.2. Prinsip Kerja Turbin

Pada roda turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut. Apabila kemudian ternyata bahwa roda turbin dapat berputar, maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadinya perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudu. Jadi, sudu haruslah dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja tersebut. (, Arismunandar, Wiranto. 2004).



Gambar 2. Instalasi Turbin.

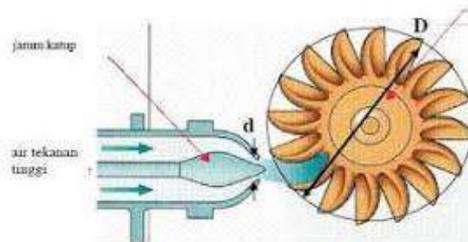
( <https://zonaebt.com/hidro/inilah-jenis-jenis-turbin-air-11-6-24>)

**1.3. Komponen turbin air** terdiri dari bagian **rotor dan stator**. Rotor adalah bagian pada sistem turbin air yang berputar dan stator adalah bagian pada sistem turbin air yang tidak bergerak atau statis. fluida menjadi energi mekanik putaran. Bagian yang berputar adalah poros, sudu-sudu dan bagian stator adalah sudu tetap, *Nozzel*, pipa *penstock*, *casing* turbin.

Sudu-sudu Turbin *Sudu* yang berada di sekeliling runner memiliki fungsi untuk menangkap energi kinetik yang dihasilkan dari jatuhnya *air* di *sudu* sehingga berubah menjadi energi mekanis (putar). Pada permukaan roda turbin dipasang sudu-sudu, sudu tersebut bergerak bersama-sama dengan roda turbin, maka sudu tersebut dinamai sudu gerak. Turbin dengan satu baris sudu gerak saja dinamai turbin bertingkat tunggal. Sedangkan turbin dengan beberapa baris sudu gerak dinamai turbin bertingkat ganda. Dalam hal tersebut terakhir fluida kerja mengalir melalui baris sudu yang pertama, kemudian baris kedua, ketiga dan seterusnya. Tetapi sebelum mengalir ke setiap baris sudu berikutnya, fluida kerja melalui baris sudu yang bersatu dengan rumah turbin. Oleh karena sudu tersebut terakhir tidak bergerak berputar, sudu tersebut dinamai sudu tetap. Sudu tetap berfungsi mengarahkan aliran fluida kerja masuk kedalam sudu gerak berikutnya, tetapi juga dapat berfungsi sebagai nosel (Arismunandar, Wiranto. 2004).

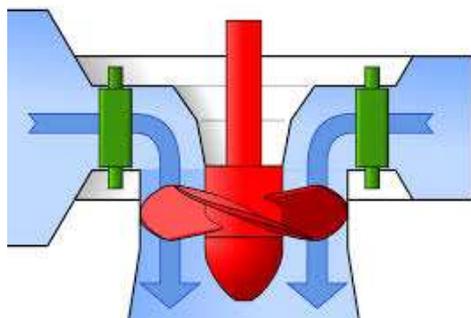
## 1.4. Jenis-jenis Turbin air adalah turbin impuls dan turbin reaksi

Turbin Impuls adalah Yang dimaksud dengan turbin impuls adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial + tekanan + kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir. Jenis dari turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Turgo dan turbin *Crossflow* (Arismunandar, Wiranto. 2004).



Gambar 3 Turbin Impuls ( Sumber , <https://repository.uir.ac.id/4867/3/Bab%20II.pdf>, diunduh 11-6-24)

Sedang turbin reaksi adalah 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. Yang termasuk turbin reaksi adalah Turbin Francis, turbin Propeller. (Arismunandar, Wiranto 2004).



Gambar 4. turbin Propeler  
( Sumber :

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propeller\\_Turbine\\_2.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propeller_Turbine_2.svg),11-6-24)

1.5. Pembangkit Listrik tenaga Air ( PLTA) adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Cara kerja PLTA adalah Sistem kerjanya adalah dengan memanfaatkan arus aliran air dari sungai kemudian di tampung pada sebuah dam (bendungan) dengan ketinggian tertentu, yang kemudian dialirkan pada suatu rangkaian pipa menuju turbin sehingga dapat memutar turbin agar energi potensial air dapat diubah menjadi energi kinetik atau tenaga putar, sehingga dapat memutar generator dan menghasilkan listrik. Klasifikasi PLTA : ( sumbar : <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=jenis+PLTA>,11-6-24)

- 1) PLTA Mikro, kapasitas listrik yang dihasilkan < 100 kW,
- 2) PLTA Mini, kapasitas listrik yang dihasilkan 100-999 kW,
- 3) PLTA Kecil, kapasitas listrik yang dihasilkan 1000-10.000 kW,
- 4) PLTA Besar, kapasitas listrik yang dihasilkan > 10.000 kW.

#### 1.6 Dasar Perhitungan Turbin Air.

1). Energi yang paling banyak digunakan adalah energi potensial air, yaitu energi yang dimiliki air ketika air dialirkan dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah, (Arismunandar, Wiranto. 2004).

$$E_p = \rho \cdot x \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- $E_p$  = Energi potensial air ( kJ)
- $\rho$  = massa jenis air ( kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = Percepatan gravitasi bumi( m/dt<sup>2</sup>)
- $h$  = Tinggi relatif terhadap permukaan bumi (m)

2) Daya Turbin adalah daya yang dihasilkan dari turbin (P):

$$P = g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots(2)$$

Jika dihubungkan dengan efisiensi, maka :

$$P = \eta \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- $P$  = Daya ( kW)
- $\eta$  = Efisiensi (%)
- $g$  = Percepatan gravitasi ( m/dt<sup>2</sup>)
- $Q$  = Debit air ( m<sup>3</sup>/dt)
- $H$  = Tinggi relative (m)

3).Hukum Bernoulli adalah jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume memiliki nilai yang sama di setiap titik aliran fluida ideal. Dengan persamaan.(Arismunandar, (Wiranto 2004)

$$P + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konstan} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- $P$  = Tekanan (Pascal)
- $v$  = kecepatan (m/s)
- $\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- $h$  = ketinggian (m)
- $g$  = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

#### 4) Debit aliran air

Debit aliran melalui satu satuan homolog dapat dihubungkan dengan dengan tinggi tekan h

dan luas penampang A sebagai berikut ,  
(Ediwan, 2017))

$$Q = Cd.A. \sqrt{2.g.h} \dots \dots \dots (5)$$

dimana

- Q = debit air
- A = luas penampang
- g = percepatan grafitasi
- h = tinggi tekan air
- Cd = koefisien debit yang bervariasi terhadap bilangan Reynold

**5). Bilangan Reynolds ( Re)** adalah nilai tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan apakah fluida mengalami aliran laminar (R kurang dari 2300) atau aliran turbulen (R lebih besar dari 4000). Besar Bilangan Reynolds adalah :

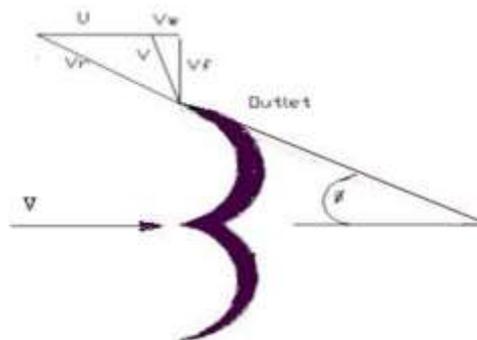
$$Re = \frac{vdp}{\mu}$$

atau  $Re = \frac{vd}{\nu} \dots \dots \dots (6)$

dimana :

- V = Kcepatan aliran ( m/dt)
- Dp = diameter dalam pipa (m)
- $\nu$  = Viscositas kenematis .( m<sup>2</sup>/s)

**6).Segitiga Kcepatan** . yaitu dasar kinematika dari aliran fluida yang menumbuk sudu turbin. Dengan pemahaman segitiga kecepatan akan sangat membantu dalam pemahaman proses konversi enegi pada sudu sudu turbin air.



Gambar 5 Segitiga Kcepatan  
(Sumber : Aris mnandar, Wiranto 2004)

$$V = Vr + U , Vw = V \text{ dan } Vt = 0$$

Keterangan :

- U = kecepatan tangensial sudu
- D = Diameter roda Pelton

- V = kecepatan jet dari nosel (inlet)
- $\theta$  = sudut sudu pada ujung outlet. sudut belok atau bias atau sudut deviasi = (180 -  $\theta$ )

Vw = Kcepatan relative

Vr = Kcepatan absolut

Cd = koefisien debit yang bervariasi terhadap bilangan Reynold ( 1-4%)

Kecepatan Jet adalah :

$$V = Cd.\sqrt{2gh} \dots \dots \dots (7)$$

**6).Menentukan Debet Aliran (Q)**

( Ediwan 2017):

$$Q = A.V \dots \dots \dots (8)$$

dimana :

A = penampang permukaan

$$= (1/4 \pi D^2) (m^2)$$

D = diameter pipa ( m)

**7).Kecepatan tangensial =**

$$U = \frac{\pi.d.n}{60} \dots \dots \dots (9)$$

dimana

d = diameter pipa ( m)

n = putaran turbin ( rpm)

**8).Dengan memperhitungkan kecepatan tangensial** maka dapat diketahui daya turbin sebagai berikut :

$$P = \frac{U(V-U)(1+\cos Q)}{g} \dots \dots (10)$$

Dimana :

U = keepatan tangensial.(m/dt)

V = kecepatan nozzle.( m/dt)

Cos Q = Sudut kemiringan sudu.

**9). Menentukan daya Air** (Aris Munandar, Wiranto 2004)

$$N = g.Q.H \dots \dots \dots (11)$$

dimana :

Q = kapasitas aliran ( m<sup>3</sup>/dt)

H = ketinggian air ( m)

g = grafitasi ( m/dt<sup>2</sup>)

**10). Efisiensi Turbin Pelton** ( Wiranto Aris munandar. 2004)

$$\eta = \frac{P}{N} \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

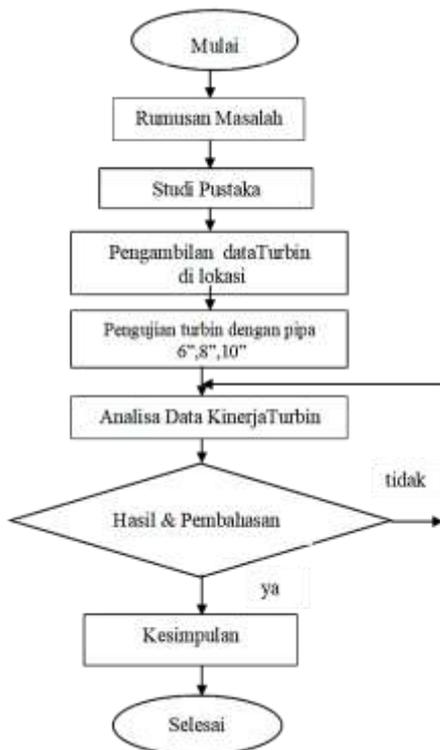
dimana :

P = daya turbin ( kW)

N = daya air ( kW)

## 2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian Kajian Kinerja Turbin air ini di tuangkan bentuk kerangka pemikiran yang sistematis dalam bentuk diagram alir penelitian sebagai mana berikut :



Gambar 6. Diagram alir ( flow diagram )  
Kajian Kinerja Turbin Air.  
Sumber : Penelitian Mandiri

2.2 Data hasil peninjauan langsung ke lokasi bangunan turbin adalah sebagai berikut :

- Kapasitas Generator: 10 kW, 230 Volt
- Panjang pipa : 33,5 m
- Diameter pipa : 6 inch
- Jumlah baling-baling turbin : 24 buah
- Tinggi kolam penenang : 6 m
- Daya yang dihasilkan : 300 Watt – 400 Watt
- Bahan pipa PVC: 6”, 8” dan 10”
- Jenis Turbin :Kaplan.

Spesifikasi Generator Type 10 Merk X.

- Daya maximum : 110 kW
- Tegangan : 230 V
- Arus : 4,3 A
- Frequensi : 50 HZ
- Putaran : 1500 rpm
- CosQ : 1,0
- Phase : 1.

## 3. . HASIL DAN PEMBAHASAN.

Untuk menentukan kinerja turbin dengan pipa pesat 6”, 8”, dan 10 ‘ maka perlu dilakukan dengan menguji turbin di lokasi. Hasil pengujian di lokasi didapatkan data sebagaimana tertulis di table 3.1 yaitu :

Tabel 1 Hasil Percobaan Turbin air dengan pipa 6”,8” dan 10” terhadap putaran turbin.

No	Diameter pipa ( inc)	Putaran Turbin ( rpm)
1	6	340
2	8	388
3	10	436

( Sumber hasil pengamatan)

### 3.1. Analisa kinerja Turbin pelton dengan pipa pesat 6 inc.:

#### 1).Menentukan energi potensial (.E) :

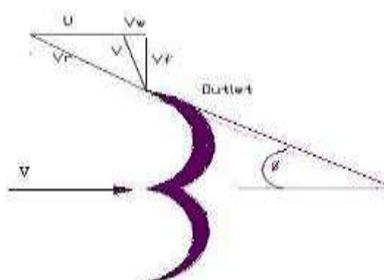
Energi potensial yaitu enegi yang dihasilkan dari aliran air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah, ditentukan dengan (persamaan 1):

$$\begin{aligned}
 E &= \rho .g.h \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 6 \text{ m} \\
 &= 58800 \text{ Nm atau } 58,8 \text{ kJ.}
 \end{aligned}$$

#### 2).Menentukan kecepatan aliran air menuju Nozzel (V) (persamaan 7):

$$\begin{aligned}
 V &= C_v \sqrt{2gh} \\
 \text{dimana:} \\
 C_v &= 0.985 \\
 V &= 0.985 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 6} \\
 V &= 10,68 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

#### 3).Segitiga Kecepatan Turbin Pelton :



Gambar 7. Segitiga kecepatan aliran fluida masuk utrbin .  
(Sumber : Aris munandar, Wiranto 2004)

**4).Menentukan Debit Aliran ( Q)  
(persamaan 8):**

$$Q = A \cdot V$$

dimana:

$$Q = (1/4 \pi D^2) \times V$$

$$D = 6 \text{ inc atau } = 0,1524 \text{ m}$$

$$Q = (1/4 \times 3,14 \times (0,1524)^2 \times 10,681$$

$$= 0,195 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

**5).Menentukan Kecepatan tangensial (U  
( persamaan 9)):**

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

dimana :

D = diameter diameter pipa masuk.(0,1524)

n = putaran turbin ( 340 rpm)

$$U = \frac{3,14 \cdot (0,1524) \times 340}{60}$$

$$= 2,71 \text{ rad/dt}$$

**6).Mnentukan daya turbin teoritis  
sebagai berikut ( persamaan 10):**

$$P = \frac{(U)(V-U)(1+\cos Q)}{g}$$

Dimana:

sudut Cos Q = 45<sup>0</sup>

$$P = \frac{(2,71)(10,68-2,71)(1+\cos 45)}{9,8}$$

$$P = 3,36 \text{ kW}$$

**7).Menentkan daya Air ( persamaan 11)**

$$N = g \cdot Q \cdot H.$$

$$= 9,8 \times 0,195 \times 6$$

$$N = 11,47 \text{ kW}$$

**8).Efisiensi Turbin Pelton  
(persamaan 12)**

$$\eta = \frac{P}{N}$$

$$= \frac{3,361}{11,466} \times 100\%$$

$$\eta = 29 \%$$

**9).Menentukan Kecepatan Spesifik  
(Kusnandar. Achmad. (2008).**

Menurut data diatas maka kecepatan spesifik turbin Pelton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N_s = \frac{n\sqrt{P}}{h^{5/4}}$$

$$= \frac{340\sqrt{3,361}}{6^{5/4}}$$

$$N_s = 65 \text{ rpm}$$

**3.2. Dengan menganalisa kinerja turbin**  
seperti cara yyang sama pada sub bab 3.1. namun dengan diameter pipa masuk 8 inc dan 10 inc, maka didapat hasil analisa seperti yang ditampilkan pada table 3.2 dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Analisa kinerja turbin dengan diameter pipa 6 inc, 8inc dan 10 inc.

No	Komponen	Pipa 6 inc	Pipa 8 inc	Pipa 10 inc.
1	Putaran Turbin n ( rpm)	340	388	436
2	Energi Potensia E ( kJ)	58,8	58,8	58,8
	Kecepatan aliran V ( m/dt)	10,68	10,68	10,68
3	Debit aliran Q ( m <sup>3</sup> /dt)	0,195	0,346	0,541
4	Kecepatan tangensial U ( rad/dt)	2,71	4,13	5,80
5	Daya teoritis turbin P ( kW)	3,36	4,21	4,41
6	Daya Air masuk Turbin N ( kW)	11,47	20,35	31,81
7	Kecepatan spesifik Ns ( rpm)	65	20,6	97,5
8	Efisiensi η (%)	29	20,6	13,8

( Sumber hasil analisa mandiri)

**3.3. Pembahasan :**

1) Dari hasil Analisa putaran turbin diperoleh hasil bahwa dengan aliran pipa

masuk berukuran 6 inc menghasilkan putaran 340 rpm, sedang pada ukuran pipa 8 inc 388 rpm dan pada pipa 10 inc menghasilkan putaran 436 rpm . dengan ukuran pipa masuk yang berbeda menghasilkan putaran yang berbeda pula.

- 2) Dari hasil Analisa kapasitas aliran diperoleh hasil bahwa dengan aliran pipa masuk berukuran 6 inc menghasilkan debit air 0,195 m<sup>3</sup>/dt, , sedang pada ukuran pipa 8 inc 0,346 m<sup>3</sup>/dt sedang pada pipa 10 inc menghasilkan debit aliran 0,541 m<sup>3</sup>/dt. dengan ukuran pipa masuk yang berbeda menghasilkan maka menghasilkan debit air yang berbeda.
- 3) Dari hasil Analisa daya teoritis turbin diperoleh hasil bahwa dengan aliran pipa masuk berukuran 6 inc menghasilkan daya turbin 3,36 kW , sedang pada ukuran pipa 8 inc 4,21kW, sedang pada pipa 10 inc menghasilkan daya teoritis turbin 4,41 kW. dengan ukuran pipa masuk yang berbeda menghasilkan maka menghasilkan daya turbin yang berbeda.
- 4) Dari hasil Analisa daya air masuk diperoleh hasil bahwa dengan aliran pipa masuk berukuran 6 inc menghasilkan daya air 11,47 kW , sedang pada ukuran pipa 8 inc 20,35kW, sedang pada pipa 10 inc menghasilkan daya air 31,81 kW. dengan ukuran pipa masuk yang berbeda menghasilkan maka menghasilkan daya air yang berbeda.
- 5) Dari hasil Analisa efisiensi turbin diperoleh hasil bahwa dengan aliran pipa masuk berukuran 6 inc menghasilkan efisiensi 29 %, sedang pada ukuran pipa 8 inc 20,6 %, sedang pada pipa 10 inc menghasilkan efisiensi 13,8%. dengan ukuran pipa masuk yang berbeda menghasilkan maka menghasilkan daya efisiensi yang berbeda.

#### 4. KESIMPULAN .

Dari hasil analisa kinerja turbin dengan variasi pipa masuk yang berbeda yaitu pipa 6inc, 8inc,dan 10 inc. dapat di simpulkan sebagai berikut

- 1). Hasil Analisa daya turbin diperoleh hasil masuk berukuran 6 inc menghasilkan daya turbin 3,36 kW , pipa 8 inc : 4,21kW dan pipa 10 inc menghasilkan daya turbin 4,41 kW. Maka dapat disimpulkan makin besar pipa masuk makin besar pula daya torbin yang di hasilkan.

2) Hasil Analisa daya air hasil pipa masuk 6 inc menghasilkan daya air 11,47 kW , sedang pada pipa 8 inc 20,3 5kW, sedang pada pipa 10 inc menghasilkan daya air 31,81 kW. Maka dapat di simpulkan bahwa makin besar pipa masuk makin besar pula daya air.

3) Hasil Analisa efisiensi turbin pipa masuk 6 inc menghasilkan efisiensi 29 %, pipa 8 inc 20,6 %, dan pipa 10 inc menghasilkan efisiensi 13,8%. Maka dapat disimpulkan makin besar ukuran pipa masuk makin kecil efisiensinya .

#### 5. DAFTAR PUSTAKA ;

- Arismunandar, Wiranto. 2004, Penggerak Mula Turbin. Bandung : ITB (Institut Teknologi Bandung)
- Ediwan, 2017, Modul Kuliah .Mekanika Fluida ,Teknik Mesin ITBU Jakarta
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2015). Rencana Ketenagalistrikan Nasional. RUKN 2015-2034. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kusnandar. Achmad. (2008). Pengkajian Sumber Tenaga Listrik Alternatif. Bandung. CV Arvino Raya.
- PLTA, 2022.  
<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=PLTA+adalah,11-6-24>
- Slide share Net.2002.  
(<https://www.slideshare.net/slideshow/turbin-air-diunduh-11-6-24>)
- UIR.Repositori 2022.  
(<https://repository.uir.ac.id/4867/3/Bab%20II.pdf>, diunduh 11-6-24)
- Wiki Media, 2022.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propeller\\_Turbine\\_2.svg,11-6-24](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propeller_Turbine_2.svg,11-6-24)

---