

RANCANG BANGUN TURBIN PELTON PADA PROTOTYPE PLTPH

Muhammad Dwi Rayyadi¹, Supri Hardi², Zulfikar³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
E-mail : mdwirayyadi70@gmail.com

Abstrak— Sumber daya air adalah sumber daya yang berupa air yang dapat berguna bagi seluruh manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Kuantitas total dari air yang tersedia pada suatu waktu adalah hal yang penting. Sumber energy alternative berupa air ini dapat di manfaatkan untuk pembangkit energy listrik bertenaga air, yang memanfaatkan jatuhnya atau ketinggian dari air tersebut. Dengan menggunakan Pompa sebagai penggerak utama turbin, pompa dapat mengeluarkan semburan air yang cukup lumayan kuat, sehingga semburan itu dapat memutarakan sudu – sudu dari turbin tersebut. Biasanya penggerak utama turbin air ini memanfaatkan jatuhnya air dari ketinggian tertentu. Dengan menggunakan pompa sebagai penggerak utama turbin daya listrik yang di dihasilkan oleh generator menurut hasil perhitungan sebesar 10,3 watt. dengan debit air yang di dihasilkan oleh pompa sebesar $Q = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$ dan tekanan udara pada tabung pompa max 3 bar, Kecepatan pada putaran turbin pelton 170 rpm dan kecepatan putaran generator 423 rpm, dengan putaran tersebut generator dapat menghasilkan tegangan sebesar 120 Volt Ac.

Kata Kunci—Turbin Pelton, Debit Air, Tegangan, Putaran

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik dewasa ini kian meningkat, berbagai upaya terus dilakukan baik mencari potensi baru atau pun dengan mengembangkan teknologinya. Mengingat sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Faktor inilah yang menjadi tantangan tersendiri untuk menjauhkan diri dari ketergantungan terhadap minyak bumi, gas alam, dan batubara.

Energi alternative adalah istilah dari sumber energy yang yang dapat digunakan yang bertujuan untuk menggantikan bahan bakar konvensional tanpa akibat yang tidak di harapkan, secara umum energy alternative digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar hidrokarbon yang mengakibatkan kerusakan lingkungan akibat emisi karbon dioksida yang tinggi yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global berdasarkan " *Intergovernmental Panel on Climate Change* ". Pembangkit listrik micro hydro Pembangkit ini dapat di gunakan di daerah yang memiliki sumber air yang cukup, untuk dapat digunakan sebagai sumber utama penggerak turbin. Terdapat berbagai macam jenis turbin, salah satu nya turbin *Pelton*.

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N.Knight tahun 1872 dan N.J. Colena tahun 1873 dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang amerika Lester G. Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikkan menyamping.

Turbin ini dioperasikan pada tinggi jatuh air (head) sampai 1800 m, turbin ini relative membutuhkan jumlah air yang lebih sedikit dan biasanya porosnya dalam posisi mendatar. Turbin pelton sering disebut dengan turbin tekanan sama karena selama mengalir di sepanjang sudu-

sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau nosel, dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi dirubah menjadi energi kinetis.

Adapun manfaat dari pembuatan modul ini, agar daerah- daerah yang memiliki sumber air yang cukup dapat di manfaatkan sebagai pembangkit energi listrik alternative dan juga dapat mengganti dari kekurangan utama dalam energi listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya air adalah sumber daya berupa air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Kuantitas total dari air yang tersedia pada suatu waktu adalah hal yang penting. Sebagian manusia membutuhkan air pada saat tertentu saja. Sedangkan penggunaan air lainnya yang membutuhkan air sepanjang waktu salah satunya adalah pembangkit listrik yang membutuhkan air untuk pendinginan, atau pembangkit listrik tenaga air.

Mikro hidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator. [2].

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. [7].

Kualitas aliran jet yang dihasilkan oleh nosel dapat mempengaruhi kinerja turbin. Dimana analisis aliran jet pada permukaan sudu turbin dilakukan secara numerik

maupun eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas aliran jet berpengaruh pada distribusi tekanan dan medan kecepatan pada permukaan sudu sehingga daya dan efisiensi turbin akan berubah. [7].

Berdasarkan output yang di hasilkan, pembangkit listrik tenaga air dapat di bedakan berdasarkan output dari sebuah generator tersebut. Seperti :

1. Large – Hydro : Lebih dari 100 MW
2. Medium – Hydro : Antara 15 – 100 MW
3. Small – Hydro : Antara 1 – 15 MW
4. Mini – Hydro : Daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
5. Micro – Hydro : Antara 5 kW – 100 kW
6. Pico – Hydro : Daya yang dikeluarkan dibawah 5 kW

Pembangkit Pico hydro merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan keluar daya listrik tidak lebih dari 5 kW, pembangkit ini memiliki beberapa keunggulan, seperti :

1. Biaya pembuatan relative murah.
2. Bahan – bahan pembuatan mudah ditemukan di pasaran.
3. Ramah terhadap lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar fosil.
4. Pembangunan dapat di padukan dengan pembangunan jaringan irigasi.
5. Perkembangan teknologi relative masih sedikit, sehingga cocok di gunakan dalam jangka waktu yang lama.
6. Tidak membutuhkan perawatan yang rumit dan dapat di gunakan cukup lama.
7. Ukuran yang kecil, cocok digunakan untuk daerah perdesaan yang belum terjangkau jaringan aliran listrik PLN.

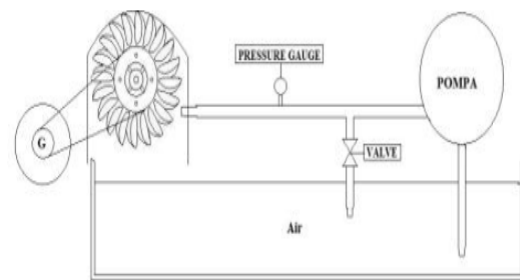
A. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Pico Hydro

Pembangkit Listrik tenaga air skala pico pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang ada pada aliran saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Penulis, merancang sebuah PLTPH dengan menggunakan sebuah Pompa.

Pompa pada umumnya adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau (Fluida) dari suatu tempat ke tempat lainnya melalui saluran pipa. Disaat pengoperasian pompa, pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan di satu sisi tekanan dan di satu sisi bagian hisap.

PLTPH sangat berpengaruh dengan ketinggian dan jumlah air perdetiknya. Disaat menggunakan Pompa, ketinggian dan debit air yang dihasilkan dapat di atur dengan menggunakan *Pressure Gauge* dimana *pressure gauge* akan mengukur sebuah tekanan air yang akan

menuju sebuah turbin, dimana tekanan tersebut akan menggerakkan turbin dan generator.



Gambar 1. Skema Perancangan PLTPH Menggunakan Pompa

- Volume air didalam (Drum) sudahlah konstan. *Gambar 2.1*
- Pompa merupakan penggerak utama pada skema perancangan ini, Dimana pompa akan menghisap air dan memberi tekanan kepada turbin.
- Valve berfungsi untuk membuka dan menutup lajunya aliran di dalam pipa tersebut
- Pada penelitian turbin air ini *pressure gauge* berfungsi sebagai pengukur tekanan aliran air yang masuk melalui pipa yang menuju ke turbin
- Berputarnya turbin disebabkan adanya energi / tekanan yang di berikan oleh pompa dan mengenai sudu – sudu turbin
- Generator, berputarnya sebuah turbin akan menghasilkan putaran pada generator tersebut. Berputarnya sebuah generator dapat menghasilkan energi listrik.

Energi air energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan Energi kinetik dimana laju aliran air ini dipengerahui oleh pompa. [8].

B. Klasifikasi Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin. [3]. Pada roda turbin terdapat sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudu-sudunya. Sudu hendaknya dibentuk

sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut. [3].

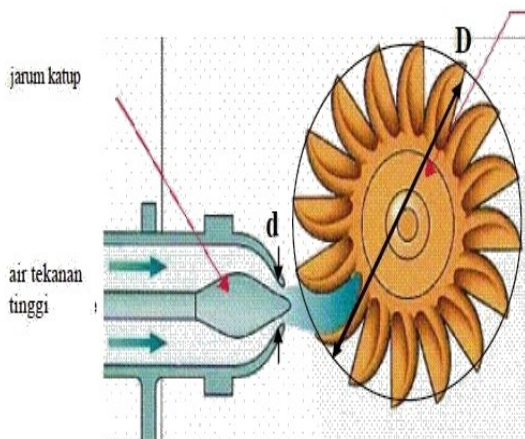
Debit air merupakan hal yang sangat menentukan dalam perencanaan turbin air, karena daya yang dihasilkan oleh turbin sangat tergantung pada debit air yang tersedia. Secara umum turbin *impuls* merupakan mesin dengan *head* yang tinggi, dan laju aliran yang rendah, sedangkan turbin reaksi merupakan mesin dengan *head* yang rendah dan laju aliran yang tinggi. [5].

Turbin *impuls* adalah turbin air yang cara kerjanya dengan merubah seluruh energi air yang terdiri dari energi potensial-tekanan-kecepatan yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Atau dengan kata lain, energi potensial air diubah menjadi energi kinetik. Contoh turbin *impuls* adalah turbin *Pelton* dan turbin *Cross Flow*. [5].

C. Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton pertama kali ditemukan oleh insinyur dari Amerika yaitu Lester A. Pelton pada tahun 1880. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien.

Turbin ini dioperasikan pada tinggi jatuh air (*head*) sampai 1800 m, turbin ini relatif membutuhkan jumlah air yang lebih sedikit dan biasanya porosnya dalam posisi mendatar. Turbin pelton sering disebut dengan turbin tekanan sama karena selama mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancaran atau nosel, dimana air yang semula mempunyai energy potensial yang tinggi dirubah menjadi energi kinetis.



Gambar 2. Turbin Pelton

Pancaran air yang keluar dari nosel akan menumbuk bucket yang dipasang tetap di sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat bucket. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impuls*). Kecepatan

keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya.

Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas nosel serta efisiensi nya, Besarnya Nilai Efisiensi Turbin :

- a) 0,8 – 0,85 untuk turbin pelton
- b) 0,8 – 0,9 untuk turbin francis
- c) 0,7 – 0,8 untuk turbin Cross-flow
- d) 0,8 – 0,9 untuk turbin propeller/Kaplan

Kecepatan Spesifik merupakan suatu besaran yang penting dalam sebuah perancangan turbin. Dengan menggunakan persamaan

$$nq = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{0.75}} \tag{1}$$

Dimana :

- n = Kecepatan putaran turbin (rpm)
- Q = Kapasitas aliran (m^3/s)
- H = Tinggi jatuh air (meter)

Prinsip kerja turbin pelton adalah mengkonversi daya fluida dari air menjadi daya poros untuk digunakan memutar generator listrik. Pada sudu-sudu turbin, energi aliran air diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran roda turbin. Apabila roda turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran roda turbin diubah menjadi energi listrik pada generator.

$$ds = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Z \cdot \pi \cdot c1}} \tag{2}$$

Dimana :

- ds = Diameter nosel
- Q = Debit air
- Z = Jumlah nosel
- c1 = Kecepatan pancar air

Rumus dari mencari jumlah sudu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{D}{2 \cdot ds} + 15 \tag{3}$$

Dimana :

- S = Jumlah sudu
- D = Diameter runner
- ds = Diameter nosel

Turbin Poros Horizontal, turbin ini digunakan untuk head kecil hingga menengah. Makin banyak aliran air yang dibagi dalam arti makin banyak nosel yang digunakan, makin bisa dipertinggi pula pemilihan kecepatan turbin. Sedangkan makin cepat putaran turbin makin murah

harga generatornya. Untuk dapat menghasilkan daya yang sama 1group turbin dengan 2 roda akan lebih murah daripada dengan dua buah turbin yang masing-masing dengan satu buah roda. [6]

D. Nilai Efisiensi Turbin Terbangkit

Dalam perencanaan nilai efisiensi *design* turbin yang dipakai harus mengacu kepada prinsip yang konservatif dalam arti tidak melebihi-lebihkan nilai efisiensinya. Untuk itu dalam studi kelayakan disarankan menggunakan nilai efisiensi sebagai berikut:

Turbin Pelton dengan kapasitas daya terbangkit di bawah 30 kW menggunakan nilai efisiensi OPTIMAL minimum 70%. Sedangkan kapasitas di atas 30 Kw menggunakan nilai efisiensi minimal 75% yang harus dibuktikan pada saat dilakukan pekerjaan komisioning sebelum serah terima pekerjaan. [4].

E. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik putaran poros menjadi energi energi listrik. Konversi Energi tersebut berlangsung melalui medium medan magnet. Untuk instalasi PLTMH dapat digunakan generator sinkron dan generator induksi.

Umumnya tegangan yang keluar dari PLTMH adalah arus bolak-balik (AC, *alternating current*) dapat juga searah (DC, *direct current*). Tegangan AC dapat diubah menjadi tegangan tinggi secara mudah dan murah dengan menggunakan transformator, sehingga energi listrik dapat dijangkau pengantarkan pada jarak yang cukup jauh dari rumah pembangkit (*power house*) sehingga lebih ekonomis dan kerugian jaringan pengantarnya dapat diminimalkan. Keuntungan lain dari penggunaan arus AC ialah konstruksi generator AC yang lebih sederhana Arus AC menuntut frekuensi sistem tetap konstan terutama jika menggunakan motor induksi sebagai generator Untuk itu diperlukan pengaturan kecepatan putar generator di samping pengatur tegangan (*voltage regulator*).

Tabel 1 Spesifikasi Generator

Spesifikasi Generator	
Tipe	Generator AC
Jumlah	1 Unit
Phasa	1 Phasa
Kapasitas (Daya)	1000 Watt
Tegangan	220 Volt
Jumlah Kutub	4
Putaran	1200 - 1500 RPM
Kondisi	2nd Ex Industri

Spesifikasi generator adalah putaran 1500 rpm 50 Hz 3 fasa dengan keluaran tegangan 220V 380V Efisiensi generator secara umum adalah :

- a) Aplikasi < 10 kVA, efisiensi 0,7 - 0,8.
- b) Aplikasi 10 - 20 kVA, efisiensi 0,8 - 0,85.

- c) Aplikasi 20 - 50 kVA efisiensi 0,85.
- d) Aplikasi 50 - 100 kVA efisiensi 0,85 - 0,9.
- e) Aplikasi > 100 kVA efisiensi 0,9 - 0,95.

Berdasarkan karakteristik turbin yang digunakan maka dalam pemilihan generator perlu mempertimbangkan penyesuaian kecepatan turbin dengan kecepatan generator. [1].

F. Daya Listrik Yang Dapat Dihasilkan

Daya turbin air ditentukan oleh besarnya debit air, massa jenis air, gravitasi dan tinggi jatuh air (*head*) sehingga dapat ditulis dengan persamaan

Daya *input* turbin;

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \tag{4}$$

Dan daya *output* turbin;

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \tag{5}$$

Daya output generator PLTMh merupakan besaran beban yang mampu disuplai, untuk mendapatkan daya ini daya turbin dikalikan dengan efisiensi generator sesuai dengan yang ada di *name plate*. [9].

$$P_g = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \tag{6}$$

Dimana :

- Pin = Daya *input* turbin (kW)
- Pout = Daya *output* turbin (kW)
- ρ = masa jenis air (1000 kg/m³)
- g = gravitasi (9,8 m/s²)
- H = *head* (m)
- Q = debit (m³/s)
- η_t = efisiensi turbin (%)
- η_g = efisiensi generator (%)
- η_{tr} = efisiensi transmisi Mekanik (%)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Dasar Perhitungan

Perancangan atau perhitungan parameter turbin *Pelton* menggunakan persamaan yang telah di tentukan.

Debit air yang digunakan dalam perancangan prototype yaitu debit air pompa sebesar 90 Liter/*Menit* yang akan dikonversikan menjadi m³/*s*. Untuk hasil konversi dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\frac{90}{1000} = 0,090 = \frac{0,090}{60} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$$

B. Perancangan Turbin Pelton

a. Perhitungan Daya Turbin

Dari kapasitas air dan tinggi jatuh nya air, dapat di peroleh daya yang di hasilkan turbin dengan menggunakan persamaan (4)

Daya *input* turbin;

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_{in} = 1000 \times 0,0015 \times 9,81 \times 1 = 14,7 \text{ Watt}$$

Daya output turbin *pelton* dengan efesiensi trubin yang digunakan adalah 70 % dapat dihitung dengna menggunakan persamaan (5)

Dan daya *output* turbin;

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t$$

$$P_{out} = 1000 \times 9,81 \times 0,0015 \times 1 \times 0,7$$

$$P_{out} = 10,3 \text{ Watt}$$

Daya output generator (P_g) PLTPH merupakan besaran beban yang mampu disuplai, untuk mendapatkan daya generator (P_g), daya output (P_{out}) turbin dikalikan dengan efesiensi generator sesuai dengan yang ada di *name plate*. Generator yang digunakan pada perencanaan ini adalah generator AC 1 Fasa dengan daya terpasang 1000 Watt. Nilai efesiensi generator yang diambil adalah 0,8. Untuk mentransmisikan daya mekanik turbin ke generator dihubungkan dengan menggunakan sabuk jenis *V-belt* dengan mengansumsikan efesiensi transmisi 0,95. Maka daya generator dapat dihitung menggunakan persamaan (6)

$$P_g = g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

$$P_g = 9,81 \times 1000 \times 0,0015 \times 1 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,95$$

$$P_g = 7,8 \text{ Watt}$$

b. Perhitungan Dimensi Turbin

Hitung Speed Turbin (N)

Kecepatan spesifik merupakan suatu besaran yang penting dalam sebuah perencanaan turbin , oleh karena itu pemilihan kecepatan putar turbin

$$N = \frac{0.5 \times V \times 60}{\pi \times D} \tag{7}$$

Dimana :

N = Kecepatan putar turbin (rpm)

V = Kecepatan pancaran air (m / s)

Panjang Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$p = 0,38 \cdot D \tag{8}$$

Lebar Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$l = 0,34 \cdot D \tag{9}$$

Tinggi Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$t = 0,12 \cdot D \tag{10}$$

c. Daya Rencana / Perhitungan Poros

Perhitungan poros,

$$P_d = F_c \times P \tag{11}$$

Dengan F_c Merupakan factor koreksi sebesar 1,2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konstruksi Turbin

Sudu – Sudu turbin biasa juga disebut bucket turbin yang berbentuk seperti mangkok,

a) Perhitungan Sudu – sudu turbin.

Dalam hal ini, perhitungan terkait sudu turbin dapat di hitung menggunakan persamaan (2), (3), dan (4)

$$\text{Diameter Runer } \frac{300}{10} = 30 \text{ cm}$$

- Panjang Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$p = 0,38 \cdot D$$

$$p = 0,38 \times 30$$

$$p = 10,2 \text{ cm}$$

- Lebar Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$l = 0,34 \cdot D$$

$$l = 0,34 \times 30$$

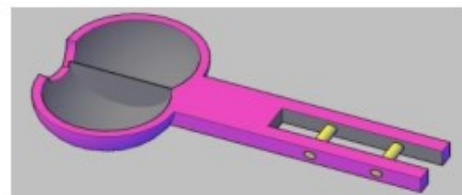
$$l = 11,4 \text{ cm}$$

- Tinggi Sudu dapat di hitung dengan rumus :

$$t = 0,12 \cdot D$$

$$t = 0,12 \times 30$$

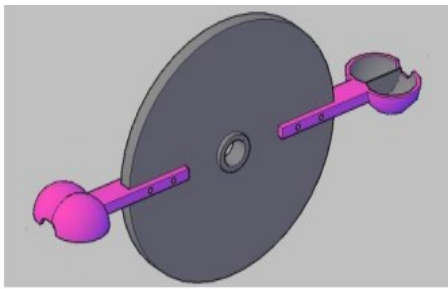
$$t = 3,6 \text{ cm atau } 4 \text{ cm}$$



Gambar 1. Sudu Turbin

b) Runer Turbin

Runer turbin pada dasarnya terdiri dari beberapa mangkuk turbin atau bucket yang terpasang di sekelilingnya. Pada runer turbin terdapat piringan turbin atau biasa di sebut disk.



Gambar 2. Runer Turbin

B. Turbin

Turbin merupakan hal paling penting dalam menggerakkan sebuah generator. Perancangan jumlah sudu turbin tersebut dapat di hitung dengan persamaan (7.), dapat di lihat jumlah sudu turbin sebanyak 18 buah sudu. Pemasangan sudu sebanyak 18 buah dengan kemiringan 20° , Perhitungan jumlah sudu yang di lakukan dengan persamaan (2.3) ini menghasilkan jumlah sudu sebanyak 21 buah, akan tetapi didalam perancangan menggunakan 18 buah sudu.

$$S = \frac{D}{2 \cdot ds} + 15$$

$$S = \frac{0,188}{2 \cdot 0,0147} + 15$$

$$S = 21 \text{ Sudu}$$

Dibawah ini merupakan tabel dari spesifikasi turbin Pelton, dapat dilihat pada table 1

Tabel 1. Spesifikasi Turbin

Spesifikasi Turbin	
Tipe	Turbin Pelton
Jumlah	1 Unit
Jumlah Sudu	18
Panjang Sudu	10 Cm
Lebar Sudu	11 Cm
Tinggi Sudu	4 Cm
Tebal Sudu	2 mm
Panjang Gagang Sudu	10 Cm
Gagang Sudu	Besi Holo 1,5 Cm
Diameter Runer	30 Cm
Tebal Runner	2 mm
Berat	1,3 Kg
Berbahan	Besi
Warna	Biru

C. Nozel

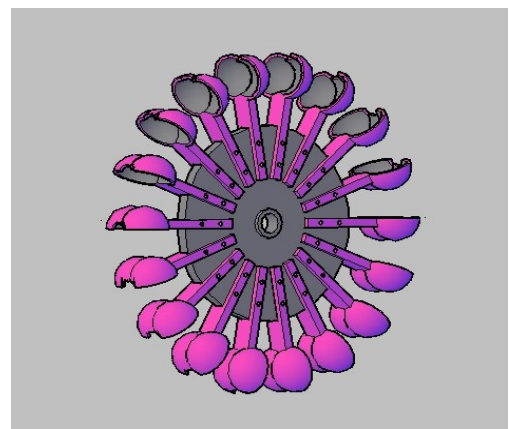
Nozel merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, dimana bagian nozel berfungsi sebagai pemancar aliran lajunya air untuk menyemprot ke arah sudu – sudu turbin, Menghitung Diameter nozel (ds) Berdasarkan persamaan (2)

$$ds = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{Z \cdot \pi \cdot c1}}$$

$$ds = \sqrt{\frac{4 \times 0,0015}{2 \times 3,14 \times 4,427}}$$

$$ds = \sqrt{\frac{0,006}{27,803}}$$

$$ds = 0,0147 \text{ mm}$$



Gambar 4. Nozel

D. Hitung Speed Turbin (N)

Kecepatan spesifik merupakan suatu besaran yang penting dalam sebuah perancangan turbin, oleh karena itu pemilihan kecepatan putar turbin berdasarkan persamaan.

$$N = \frac{0,5 \times V \times 60}{\pi \times D}$$

$$N = \frac{0,5 \times 4,429 \times 60}{3,14 \times 0,118} = 359,91 \text{ rpm}$$

E. Daya Rencana / Perhitungan Poros

Perhitungan poros, $P_d = F_c \times P$ Dengan F_c Merupakan factor koreksi sebesar 1,2.

$$P_d = 1,2 \times 10,3$$

Mendapatkan Daya Sebesar $P_d = 12,35 \text{ watt}$

E. Kecepatan Spesifik (nq)

Kecepatan Spesifik merupakan suatu besaran yang penting dalam sebuah perancangan turbin. Mengenai data pengujian putaran turbin spesifik dapat di lihat pada tabel 4

Tabel 2. Kecepatan spesifik

n (rpm)	Kecepatan Spesifik (nq) rpm
168	6,51
171	6,62
170	6,58
169	6,55
172	6,66

Dari data tabel 4 yang ditampilkan diatas dapat dianalisis mengenai berbagai variasi kecepatan putaran turbin dan kecepatan spesifik. Untuk menentukan kecepatan spesifik turbin maka penulis terlebih dahulu menghitung rata – rata kecepatan putaran turbin. Dari data kecepatan spesifik dapat dipilih sesuai rata – rata kecepatan putaran turbin yaitu 170 rpm dan kecepatan spesifik sebesar 6,58 rpm. Dapat dihitung dengan persamaan (1) $nq = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}}$ dengan kecepatan yang di pakai kecepatan turbin sebesar 170 rpm. $nq = 170 \times \frac{\sqrt{0,0015}}{1^{0,75}}$ hasil yang di peroleh dari persamaan berikut ialah 6,58 rpm, dengan menggunakan 2 buah nozel yang pasang pada bagian sisi turbin.

G. Data Pengujian

Dari tabel 3. dapat di analisis bahwa pada bukaan *Kontrol Valve* 100 % kecepatan putaran turbin mencapai 170 rpm dan putaran generator mencapai kecepatan pada 423 rpm, dengan putaran generator tersebut dapat dibangkitkan tegangan sebesar 120 Volt AC tanpa diberi beban. Pada bukaan *Kontrol Valve* 75 % kecepatan putaran turbin akan turun mencapai 159 rpm dan putaran generator akan mengalami keturunan putaran sebesar 416 rpm, dengan putaran generator tersebut tegangan yang dibangkitkan juga akan turun mencapai 115 Volt AC. Dan begitu juga pada bukaan *Kontrol Valve* 50 %, Putaran dan tegangan juga akan ikut menurun dengan sendirinya.

Tabel 3. Putaran Dengan Kontrol Valve

VO	Beban (Watt)	Putaran (rpm) Turbin	Putaran (rpm) Generator	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)
100	0	170	423	120	0
75	0	159	416	115	0
50	0	153	393	105	0

Tabel 4. Data Dengan *Kontrol Valve* Terbuka 100 %

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	170	423	120	0	14,1
3	102	260	75	0,05	9
6	85	219	70	0,1	7
9	78	201	55	0,2	7
12	75	192	50	0,3	6

Dari data tabel 4 yang ditampilkan diatas, dapat di analisis dengan bukaan *Kontrol Valve* 100 % dengan diberi beban sebesar 3 – 12 Watt, putaran turbin dari 170 rpm akan turun hingga 75 rpm dan putaran generator akan turun dari 423 rpm – 192 rpm ,begitu juga dengan tegangan dan frekuensi akan turun dengan sendirinya dari tegangan 120 Volt Ac – 50 volt Ac dan frekuensi dari 14,1 Hz – 6 Hz. Pada saat di beri beban 3 – 12 watt arus mengalami kenaikan seperti terlihat pada tabel diatas, mula – mula pada saat diberi beban 3 Watt arus yang diperoleh dengan tegangan tersebut akan mencapai 0,05 amper dengan bertambahnya beban yang diberikan makan arus yang juga akan naik, terlihat jelas pada saat diberi beban 12 Watt, arus akan naik hingga 0,3 Amper.

Tabel 5. Data Dengan *Kontrol Valve* Terbuka 75 %

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	159	416	115	0	14
3	100	255	70	0,05	8,5
6	85	219	60	0,13	7,3
9	79	199	55	0,20	6,6
12	74	191	50	0,30	6,4

Dari data tabel 5, dapat di analisis dengan bukaan *Kontrol Valve* 75 % dengan diberi beban sebesar 3 – 12 Watt, putaran turbin dari 159 rpm akan turun hingga 74 rpm dan putaran generator akan turun dari 416 rpm – 191 rpm ,begitu juga dengan tegangan dan frekuensi akan turun dengan sendirinya dari tegangan 115 Volt Ac – 50 volt Ac dan frekuensi dari 14 Hz – 6,4 Hz. Pada saat di beri beban 3 – 12 watt arus mengalami kenaikan seperti terlihat pada tabel diatas, mula – mula pada saat diberi beban 3 Watt arus yang diperoleh dengan tegangan tersebut akan mencapai 0,05 amper dengan bertambahnya beban yang diberikan makan arus yang juga akan naik, terlihat jelas pada saat diberi beban 12 Watt, arus akan naik hingga 0,30 Amper.

Tabel 6. Data Dengan *Kontrol Valve* Terbuka 50 %

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Frekuensi (Hz)
0	153	393	105	0	13,1
3	97	248	70	0,05	8,3
6	83	211	55	0,14	7,0
9	76	192	50	0,23	6,4
12	71	186	45	0,33	6,2

DAFTAR PUSTAKA

Dari data tabel 6, dapat di analisis dengan bukaan *Kontrol Valve* 50 % dengan diberi beban sebesar 3 – 12 Watt, putaran turbin dari 153 rpm akan turun hingga 71 rpm dan putaran generator akan turun dari 393 rpm – 186 rpm ,begitu juga dengan tegangan dan frekuensi akan turun dengan sendirinya dari tegangan 105 Volt Ac – 45 volt Ac dan frekuensi dari 13,1 Hz – 6,2 Hz. Pada saat di beri beban 3 – 12 watt arus mengalami kenaikan seperti terlihat pada tabel diatas, mula – mula pada saat diberi beban 3 Watt arus yang diperoleh dengan tegangan tersebut akan mencapai 0,05 ampere dengan bertambahnya beban yang diberikan maka arus yang juga akan naik, terlihat jelas pada saat diberi beban 12 Watt, arus akan naik hingga 0,33 Amper.

V. KESIMPULAN

1. Debit air yang di hasilkan oleh pompa sebesar $Q = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$ di karenakan kapasitas maks pompa 90 l/m dan tekanan udara max 3 bar. Kecepatan pada putaran turbin *pelton* 170 rpm dengan mengambil nilai kecepatan rata – rata pada putaran tersebut.
2. Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh generator menurut hasil perhitungan sebesar 10,3 Watt.
3. Dengan beban total terpasang sebesar 12 watt, dengan beban penuh tegangan yang dihasilkan oleh generator sebesar 50 Volt.

- [1] Busono, T., & Purwanto, D. (2018). *Memilih Generator Dan Perencanaan Jaringan Sistem Distribusi Listrik PLTMH*. Jakarta: Direktorat Pembelajaran, Dit Belmawa, Kemenristekdikti RI.
- [2] David Setiawan Wie 1, A. I. (2017). *Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh)*, 32. Progam Studi S11 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia. 2,Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia.
- [3] Hery Irawan1, S. 2. (2018). *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaan Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter*, 27 - 28. 1 jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- [4] IMIDAP. (2008). *Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan Dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. Jakarta: Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [5] Muh. Misbachudin1), D. S. (2016). (1.2.3.4) *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Kayuni Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat*, 2 - 4. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.