



Perancangan Micro Hydro Power Plant Pada Curug Xyz

Reza Gumelar¹, Kardiman², Oleh³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang. Jl. H.S Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, 41360

Abstract

Received: 20 Juli 2022

Revised: 26 Juli 2022

Accepted: 30 Juli 2022

Along with the times, the need for technology is increasingly needed to support increasing human needs, including in the field of tourism, where supporting facilities are needed so that visitors feel comfortable, one of which is lighting for waterfall tours. The design of a Micro Hydro Power Plant that can be used as lighting on the waterfall path and can also be used for other things. In the design of PLTH, various components have a relationship where when the Nozzle Diameter is used, namely, 0.20 m, 0.15 m, and 0.10 m, it produces speeds of 12.5 m/s, 82.3 m/s, and 18.5. m/s while for the power generated 233.65 Kw the amount of electrical power is the diameter of the nozzle which has an impact on the speed that hits the turbine blades and also the height of the penstock has a big effect because the higher the penstock, the greater the electricity generated because the higher the penstock, the power on the shaft. is also increasing so that the discharge becomes a parameter that affects the shaft power, the greater the water discharge, the greater the shaft power.

Keywords: Turbin pelton, daya listrik, laju aliran

(*) Corresponding Author: Email: 1810631150104@student.unsika.ac.id; HP. 089623904891

How to Cite: Gumelar, R., Kardiman, K., & Oleh, O. (2022). Perancangan Micro Hydro Power Plant Pada Curug Xyz. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(14), 286-296. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6991994>

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berupa air. Salah satu keunggulan dari pembangkit ini adalah responnya yang cepat sehingga sangat sesuai untuk kondisi beban puncak maupun saat terjadi gangguan di jaringan. Selain kapasitas daya keluarannya yang paling besar diantara energi terbarukan lainnya, pembangkit listrik tenaga air ini juga telah ada sejak dahulu kala.

Tenaga air telah berkontribusi banyak bagi pembangunan kesejahteraan manusia sejak beberapa puluh abad yang lalu. Beberapa catatan sejarah mengatakan bahwa penggunaan kincir air untuk pertanian, pompa dan fungsi lainnya telah ada sejak 300 SM di Yunani, meskipun peralatan-peralatan tersebut kemungkinan telah digunakan jauh sebelum masa itu. Pada masa- masa antara jaman tersebut hingga revolusi industri, aliran air dan angin merupakan sumber energi mekanik yang dapat digunakan selain energi yang dibangkitkan dari tenaga hewan. Perkembangan penggunaan energi dari air yang mengalir kemudian berkembang secara berkelanjutan sebagaimana dicontohkan pada desain tenaga air yang menakjubkan pada tahun 1600-an untuk istana Versailles dibagian luar Paris, Prancis. Sistem tersebut memiliki kapasitas yang sepadan dengan 56 kW energi listrik.



Sistem tenaga air mengubah energi dari air yang mengalir menjadi energi mekanik dan kemudian biasanya menjadi energi listrik. Air mengalir melalui kanal (penstock) melewati kincir air atau turbin dimana air akan menabrak sudu-sudu yang menyebabkan kincir air ataupun turbin berputar. Ketika digunakan untuk membangkitkan energi listrik, perputaran turbin menyebabkan perputaran poros rotor pada generator. Energi yang dibangkitkan dapat digunakan secara langsung, disimpan dalam baterai ataupun digunakan untuk memperbaiki kualitas listrik pada jaringan.

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan sumber listrik bagi masyarakat yang memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air menjadi sumber yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Selain itu, Indonesia kaya akan sumber daya air sehingga sangat berpotensi untuk memproduksi energi listrik yang bersumber daya air. Di Indonesia terdapat banyak sekali sungai-sungai besar maupun kecil yang terdapat di berbagai daerah. Hal ini merupakan peluang yang bagus untuk pengembangan energi listrik di daerah khususnya daerah yang belum terjangkau energi listrik.

Energi

Ada dua jenis umum energi yaitu energi Transisional (transitional energy) dan energi tersimpan (stored energy). Energi transisional adalah energi yang sedang bergerak, dan dapat berpindah melintasi suatu batas system. Energi tersimpan, sebagaimana yang di tunjukkan oleh Namanya, adalah energi yang berwujud sebagai sebagai massa, posisi dalam medan gaya dan lain lain. Bentuk tersimpan ini biasa di klasifikasikan menjadi beberapa bentuk energi :

1. Energi dalam

Salah satu jenis energi ini adalah energi listrik, energi listrik sendiri merupakan energi yang berkaitan dengan arus dan akumulasi electron. Energi jenis ini umumnya dinyatakan dalam satuan daya dan waktu, misalnya watt/jam atau kilowatt/jam.

$$W = V \times I \times t$$

2. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang di peroleh oleh material tertentu sebagai akibat dari posisinya dalam suatu medan gaya. Termasuk di dalamnya energi medangravitasi, energi yang berkaitan dengan suatu fluida yang terkompresi. Rumus persamaan berikut menunjukkan besarnya energi potensi air :

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

3. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi suatu kecepatan (v), contohnya : mobil yang bergerak, benda jatuh, dll. Maka rumus energi nya dapat di tulis sebagai berikut

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

4. Energi mekanik

Energi mekanik di definisikan sebagai energi total yaitu penjumlahan antara energi kinetik dan energi potensial.

$$E_m = E_k + E_p$$

Perubahan energi

Dalam pembuatan system PLTA ini terdapat dua jenis perubahan energi yaitu :

1. Energi Potensial menjadi Energi Kinetik

Energi potensial air dirubah menjadi energi kecepatan (kinetik) akibat dari air yang bergerak dan mempunyai kecepatan sehingga terjadi impuls dan perubahan momentum (sudu – sudu) dan gravitasi, tegangan elastis dan fluida memampat.

2. Energi mekanik menjadi energi listrik

Hampir semua alat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik menggantungkan diri pada efek faraday untuk prinsip operasinya. Menurut efek faraday, suatu gradient voltase ditimbulkan dalam konduktor listrik yang dikenakan gaya tegak lurus terhadap suatu medan magnet.

Komponen Microhydro

Pada perancangan kali ini terdapat beberapa komponen adapun komponen-komponen yang diperlukan dalam proses pembuatan alat ini yaitu :

1. Penstock

Penstock merupakan media pengaliran air dari bak penenang ke turbin dalam debit yang stabil. Besarnya ukuran penstock tergantung pada debit aliran yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin. Pada umumnya penstock terbuat dari pipa baja atau palaron (PVC) dengan diameter tertentu (N. Hunggul Y.S.H , 2015)



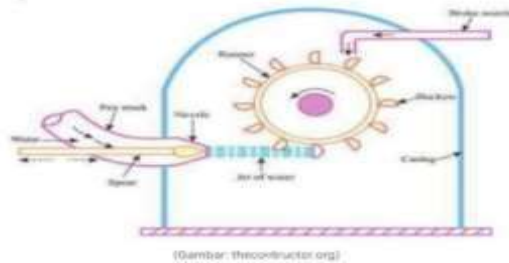
Gambar 1. Penstock

2. Turbin

Turbin air menghasilkan daya yang sangat andal dengan desain yang sangat sederhana. Sejenis runner atau baling-baling terpasang pada poros yang mengoperasikan alternator untuk menghasilkan tenaga ketika air memutar runner. Ada banyak jenis turbin yang mencakup tiga gaya utama: turbin impuls, turbin reaksi, dan submersible.

3. Turbin pelton

Turbin pelton adalah turbin air yang termasuk dalam jenis turbin impuls. Sejarahnya turbin ini ditemukan pada tahun 1889 oleh ilmuwan asal Amerika, bernama Lester Pelton. Turbin pelton cocok digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air dengan kondisi head (tinggi jatuhnya air) lebih dari 300 meter. Pada turbin pelton, debit air dan tekanan air yang besar sangat diperlukan, supaya turbin dapat berputar dengan cepat. Pada turbin pelton terdapat beberapa bagian yaitu :



Gambar 2. Turbin Pelton

a. Nozzle dan bagian pengatur semburan air

Air dari penampung dialirkan melalui penstock yang pada ujungnya sudah diberi nozzle. Dengan adanya nozzle maka terbentuklah jet air yang berkecepatan tinggi. Untuk mengontrol semburan air, di dalam nozzle sudah dilengkapi stopper berupa jarum yang dapat diatur.

b. Runner dan buckets

Rotor adalah bagian yang dapat berputar. Sebuah rotor terdiri dari runner dan buckets. Runner berbentuk seperti cakram yang melingkar, sedangkan bucket berbentuk seperti dua buah bola elips yang terpotong setengah. Pada sebuah bucket memiliki dinding pemisah yang dinamakan splitter. Bucket biasanya terbuat dari baja tahan karat, besi cor, atau perunggu. Intinya, bahan-bahan tahan karat.

4. Kerangka

Kerangka merupakan bagian utama dalam mendukung komponen – komponen lainnya. Kerangka ini berfungsi untuk menahan beban yang akan diterima pada alat tersebut. Adapun pengerjaan utama pada proses pembuatan pembuatan alat ini yaitu pengelasan.

5. Transmisi pully dan v belt

Pulley dan v-belt di pakai untuk menghubungkan poros turbin dengan poros alternator (dinamo). Dimana daya torsi dari turbin akan diteruskan ke alternator melalui v belt



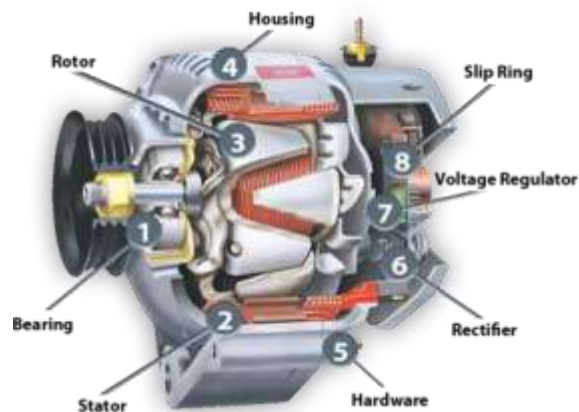
Gambar 3. Pulley dan V-belt

6. Bantalan Bearing

Bantalan adalah suatu komponen mesin yang menumpu/mendukung dan membatasi gerakan poros, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya berlangsung secara halus dan aman. Bantalan harus terbuat dari bahan yang kokoh, agar poros dan komponen mesin lainnya dapat berfungsi dengan baik. Jika bantalan terbuat dari bahan yang mudah rusak, maka komponen lainnya juga akan rusak.

7. Alternator

Alternator adalah peralatan elektromekanis yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Pada prinsipnya, generator listrik arus bolak-balik disebut dengan alternator, tetapi pengertian yang berlaku umum adalah generator listrik pada mesin kendaraan. Fungsi utama dari alternator adalah menghasilkan listrik ketika mesin dihidupkan (on). Tenaga listrik yang dihasilkan oleh alternator adalah tegangan AC yang kemudian dikonversikan menjadi tegangan DC.



Gambar 4. Alternator

Mekanisme *Microhydro*

Kincir air adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan mengandalkan kecepatan aliran air dari sungai dan memanfaatkan energi kinetik air. Energi kinetik air selanjutnya di ubah menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menjadi energi listrik.

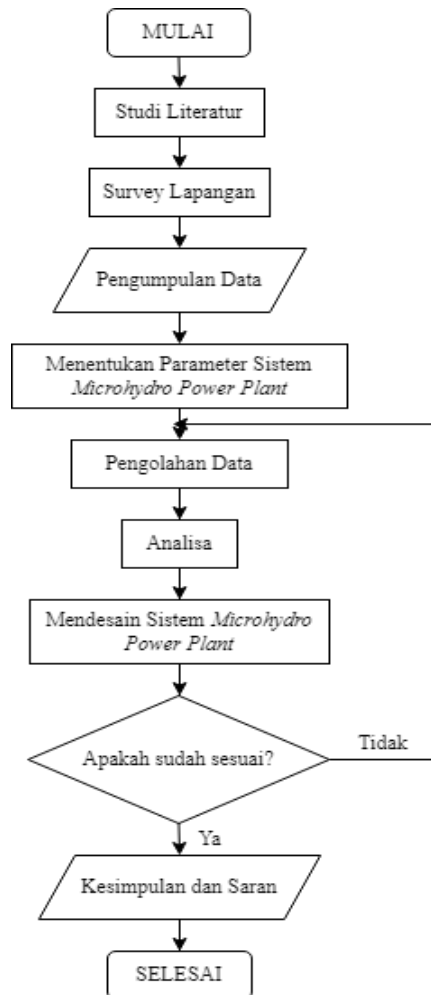
Kincir air (turbine kinetik) bekerja dimana arus pada aliran air langsung menabrak sudu turbin berupa energi kinetic atau energi kecepatan. Jumlah sudu turbin kinetik adalah salah satu variable yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial yang menentukan daya dan efisiensi turbin kinetik .

Penambahan jumlah sudu berarti meningkatkan putaran dan gaya tangensial yang terjadi denga sendirinya, meningkatkan daya dan efisiensi turbin kinetik. Sampai saat ini jenis turbin kinetik yang di kenal adalah yang di sebut dengan kincir air (*water wheel*) (*joni rahmadi, 2015*)

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan antara lain :

1. Metode Deskriptif, penulis menggunakan metode survei dan studi kasus dalam mengumpulkan data-data. Survei dilakukan di curug di daerah purwakarta
 2. Metode Kepustakaan, metode ini digunakan penulis untuk mendapatkan data-data dan mengambil intisari yang berasal dari berbagai sumber.
 3. Metode Diskusi, metode ini digunakan penulis untuk mengumpulkan data primer dan data sekunder dengan berdiskusi dengan pembimbing lapangan.
- Berikut merupakan Diagram Alir dalam perancangan kali ini :



Gambar 5. Flowchard

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Awal Perancangan

Dalam perancangan kali ini diketahui data-data sebagai berikut :

Tabel 1 Data Awal Perancangan

Ketinggian Air (H)	25 m
Debit Air (Q)	1,32 m³/s

Jumlah tinggi/dalamnya air pada saluran pengukuran (m)	1 m
Koefisien yang tergantung dari keadaan dasar sungai (%)	60%
Lebar Sungai (W1)	3 m
Kedalaman Sungai (W2)	1 m
Efisiensi Turbin (η_t)	85%
Efisiensi Generator (η_g)	85%
Massa Jenis Air (ρ)	1000 kg/m³
Gravitasi (g)	9,8 m/s²

1. Menghitung

$$A = \frac{(W1+W2) dn}{2}$$

$$A = \frac{(3+1) 1}{2}$$

$$A = 2 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ukur}} = Q \times A \quad V_{\text{ukur}} = 1,32 \times 2 \quad V_{\text{ukur}} = 2,64 \text{ m/s}$$

$$V_s = V_{\text{ukur}} \times C_s \quad V_s = 2,64 \times 60\%$$

$$V_s = 1,58 \text{ m/s}$$

2. Perhitungan Penstock

a. Menghitung Diameter Penstock $d = 0,72 \times Q^{0,5}$

$$d = 0,72 \times 1,32^{0,5} \quad d = 0,827 \text{ m}$$

b. Menghitung Ketebalan Penstock

$$t = \frac{(\rho \cdot g \cdot H) \cdot r \cdot 1000}{q}$$

$$t = (1 \cdot 9,8 \cdot 25) \times 0,413$$

$$t = 2,9 \text{ mm}$$

c. Menghitung Kecepatan Penstock

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

$$v = \frac{4 \times 1,32}{3,14 \times 0,827^2}$$

$$v = 2,71 \text{ m/s}$$

d. Menghitung Rugi-rugi Pada Penstock

$$H_{\text{wall loss}} = F \times L \times 0,08 \times Q^2 : d^5$$

$$H_{\text{wall loss}} = 0,4103 \text{ m}$$

e. Menghitung Bilangan Reynold

$$Re = \frac{v \times D}{c}$$

$$Re = 2,2 \times 10^6 \text{ (aliran Turbulen)}$$

f. Menghitung Relative Roughness

$$\text{Relative Roughness} = \frac{e}{D}$$

$$\text{Relative Roughness} = \frac{0,15}{0,827}$$

$$\text{Relative Roughness} = 0,181378$$

$$f = 0,017 \text{ (berdasarkan diagram moody)}$$

g. Menghitung Head Loss Mayor

$$H_f = f \frac{L \times v^2}{D^2 \times g}$$

$$h_f = 0,558 \text{ m}$$

h. Menghitung Head loss minor Terlebih dahulu mencari K yaitu :

i. Menghitung Head Loss Minor Terlebih dahulu mencari K yaitu :

$$K = \frac{d_1}{d_2}$$

$$K = \frac{0,827}{0,827}$$

$$K = 1$$

$$h = \frac{k \times v^2}{2g}$$

$$h = 1 \frac{2,71^2}{2 \times 9,8}$$

$$h = 0,374 \text{ m}$$

3. Perhitungan Nozzle (Bernoulli)

Perhitungan Kecepatann Aliran Fluida dicari menggunakan tiga diameter nozzle yang berbeda yaitu

- Menggunakan Diameter 0,20 m $A_1.v_1 = A_2.v_2$

$$d_1 \cdot v_1 = d_2 \cdot v_2$$

$$0,8272 \text{ m} \times 2,71 \text{ m/s} = 0,202 \text{ m} \times v_2$$

$$v_2 = 12,5 \text{ m/s}$$

- Menggunakan Diameter 0,15 m $A_1.v_1 = A_2.v_2$

$$d_1 \cdot v_1 = d_2 \cdot v_2$$

$$0,8272 \text{ m} \times 2,71 \text{ m/s} = 0,152 \text{ m} \times v_2$$

$$v_2 = 82,3 \text{ m/s}$$

- Menggunakan Diameter 0,10 m $A_1.v_1 = A_2.v_2$

$$d_1 \cdot v_1 = d_2 \cdot v_2$$

$$0,8272 \text{ m} \times 2,71 \text{ m/s} = 0,102 \text{ m} \times v_2$$

$$v_2 = 18,5 \text{ m/s}$$

Penghitungan poros

1. Menghitung Daya Rencana

$$P_d = F_s \times P$$

$$P_d = 1,0 \times 0,2$$

$$P_d = 0,2 \text{ kW}$$

2. Menghitung Momen Puntir

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{pd}{\pi}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,21}{731}$$

$$T = 266,48 \text{ kg.mm}$$

Menghitung Daya Yang Dihasilkan

Pin Turbin = $g \times Q \times H$

Pin Turbin = $9,8 \times 1,32 \times 25$

Pin Turbin = 323,4 Kw

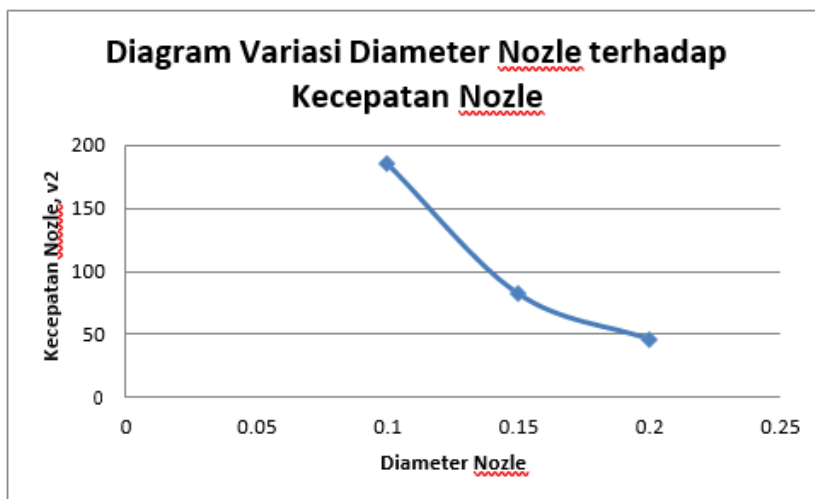
Pout Turbin = $g \times Q \times H \times \eta_t$

Pout Turbin = $9,8 \times 1,32 \times 25 \times 0,85$ Pout Turbin = 274,89 Kw

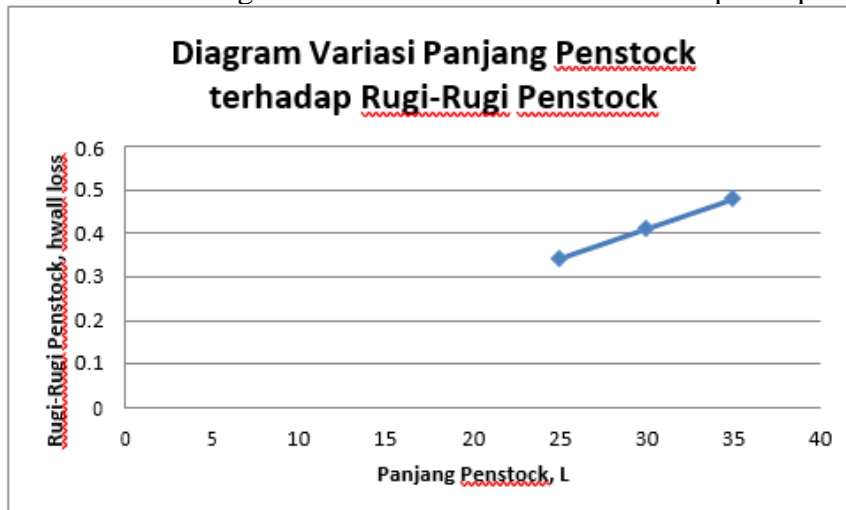
Pout Generator = Pout Turbin $\times \eta_g$ Pout Generator = 233,65 Kw

Karakteristik sistem mekanika fluida

Diagram di bawah menunjukkan hasil dari perbandingan Diameter Nozzle terhadap Kecepatan Nozzle. Parameter Diameter Nozzle yang digunakan yaitu, 0,20 m, 0,15 m, dan 0,10 m

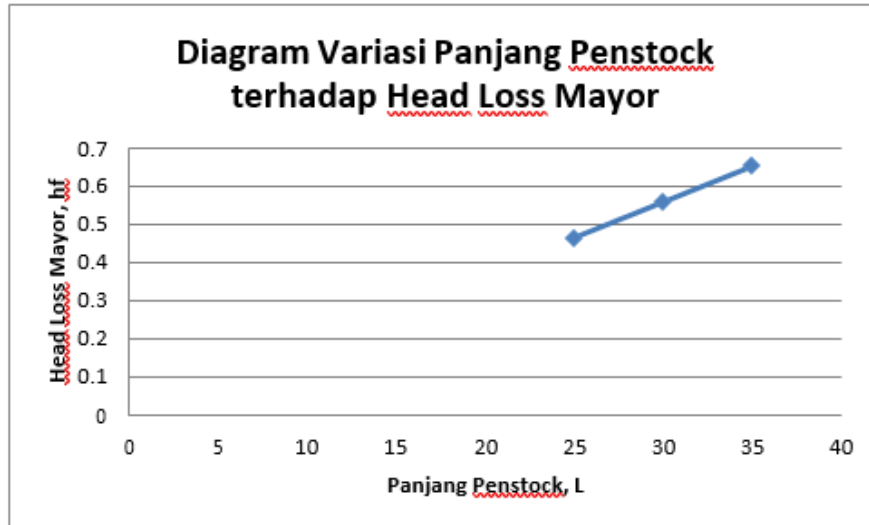


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Diameter Nozzle Terhadap Kecepatan Nozzle



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Diagram Daya Varasi Panjang Penstock terhadap Rugi-rugi Penstock

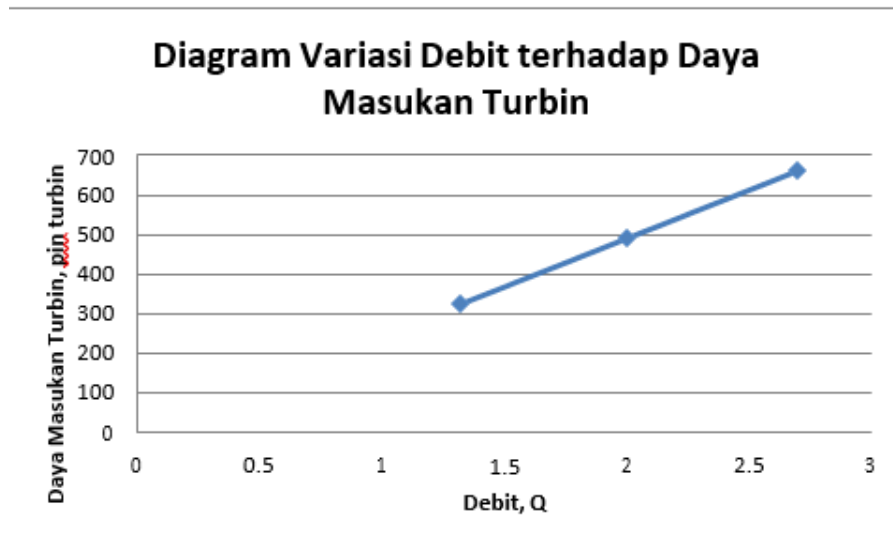
Diagram diatas menunjukkan hasil dari perbandingan antara variasi Panjang Penstock terhadap rugi-rugi penstock.. Parameter Panjang Penstock yang digunakan yaitu, 25 m, 30 m, 35 m.



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Diagram variasi Panjang Penstock dengan head loss mayor

Diagram di atas menunjukkan hasil dari perbandingan antara variasi Panjang Penstock dengan head loss mayor.

Berikut merupakan diagram yang menyatakan hubungan antara Debit terhadap Daya Masukan Turbin



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Diagram Debit dan daya masukan turbin

KESIMPULAN

Pada perancangan Microhydro parameter yang menentukan besarnya daya listrik adalah diameter nozzle yang berdampak pada kecepatan yang menabrak sudu turbin dan juga ketinggian penstock berpengaruh besar dikarenakan semakin

tinggi penstock maka listrik yang dihasilkan semakin besar karena semakin tinggi penstock maka daya pada poros pun semakin meningkat sehingga debit pun menjadi parameter yang berpengaruh pada daya poros, semakin besar debit air maka semakin besar daya poros.

DAFTAR PUSTAKA

- A Text Books Fluid Mechanics And Hydraulic Machines S1 Units. (2010). New Delhi: Laxmi Publications (P) Ltd.
- Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric PowerPlant. (2014). *Energy Procedia* 50 (2014) 19-29.
- Analisis Perancangan Penstock Pltmh Di Eremerasa Kabupaten Bantaeng Dengan Menggunakan Ansys.(2019). Vol 17 (1) :16-24.
- Fluid Mechanics Fundamental And Applications. (2104). New York: Mc Graw-Hill Comapnies Inc.
- N. Hunggul Y.S.H, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2015
- Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Kincir Air Terapung Di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi (2015). Vol 7 (1) : 11-18