

**PERENCANAAN TURBIN CROSSFLOW PADA PLTMH
DI BATANG BAYANG SANI DESA KOTO BARU KECAMATAN BAYANG
KABUPATEN PESISIR SELATAN)**

**Pajri Oktarianda
Suryadimal**

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

Email: Pajrioktarianda2019@gmail.com

suryadimal2004@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan perencanaan PLTMH dan mengimplementasikannya pada lokasi Batang Bayang Sani Desa Koto Baru Kecamatan Bayang Kabupaten Pesisir Selatan. Lokasi ini dipilih karena ketersediaan air disana bisa dikatakan tinggi dan okasi tersebut mempunyai beberapa sumber air terjun yang mengalir. Perencanaan bagian PLTMH yaitu terdiri dari pipa *penstock*, turbin, perhitungan pulley, perhitungan generator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batang bayang sani mempunyai debit 0,48 m³/s dan tinggi jatuh air 22 m dengan perolehan ukuran pipa *penstock* $D = 0,04$, ukuran diameter turbin sebesar 30 cm , ketebalan pisau senilai 2,6 cm, jarak antara pisau sebesar 1,6 cm dan jumlah pisau sebanyak 18 bilah. Ukuran pulley yang terhubung ke turbin 12 inch dan yang terhubung ke generator 7,7 inch dan kapasitas generator 60 kW.

Kata kunci : Penstock, Turbin Crossflow, Generator, Pully

PENDAHULUAN

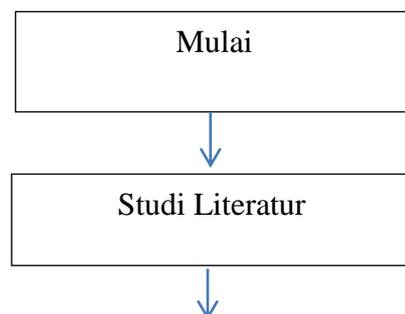
Pada saat ini, di zaman dan kemajuan teknologi, sangat di butuhkan energi listrik, disertai dengan tingginya harga minyak dunia. rencana pemerintah Indonesia adalah listrik bisa masuk ke kampung. Untuk kampung terpencil, pembangunan pembangkit selain untuk meningkatkan kebutuhan listrik, juga merupakan salah satu respon terhadap rencana pemerintah. Karena tidak ekonomis untuk menghubungkan desa ini dengan transmisi listrik tegangan tinggi.

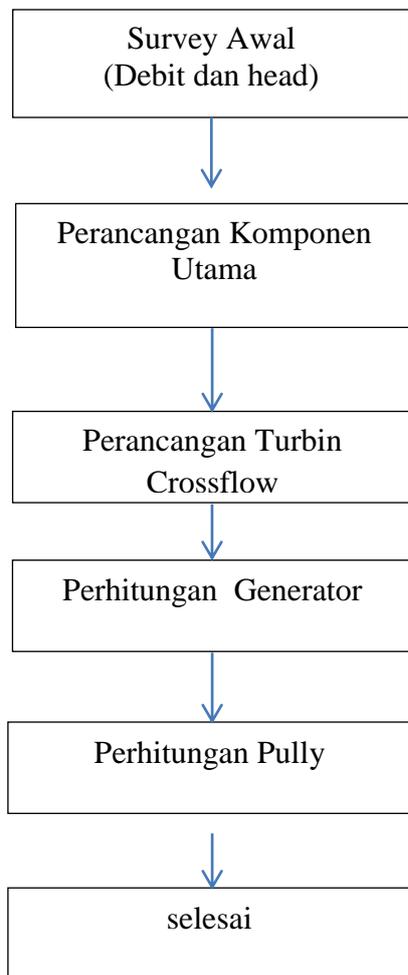
Menurut Albastomiroji (2018), Kebijakan Energi Nasional (KEN), sangat diharapkan di tahun 2020, 5% kebutuhan suplai listrik negara akan berasal dari energy yang baru dan di terbarukan, termasuk air, angin, sinar matahari, ombak dan energi. energi Listrik dapat dibuat dari air, adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Secara teknis, aliran Sungai Atay dapat digunakan untuk pembangkit listrik, dengan penurunan efektif 7,03 meter , dan debit yang

andal menggunakan aliran batang Q60 sebesar 1.393m³/s. Dengan debit dan tinggi jatuh air yang tersedia, pembangkit Atei menggunakan suatu turbin aliran silang denganlingkar diameter pipanya 0,9 m dan ketebalan 4 mm. Total daya potensi pembangkitan Atei adalah 73,03 kW, dan kapasitas pembangkitan listrik tahunan adalah 577.054,99 kWh. Yogi dkk (2015),

METODE PENELITIAN





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Dari diagram tersebut di atas digambarkan tahapan dan proses melaksanakan penelitian tugas sarjana. Diawali dengan langkah pertama penelitian melalui studi literatur untuk mendapatkan informasi data yang dilakukan dalam merancang PLTMH. Proses kajian literatur yang bersumber dari jurnal penelitian untuk study kasus maupun buku-buku yang berkaitan untuk konsep dasar teoritis. Hasil dari studi literatur dimanfaatkan untuk merancang PLTMH meliputi bangunan saluran intake, bak pengendap, pipa pesat, turbin, pulley, dan generator. Lokasi penelitian tugas sarjana dilaksanakan di Koto Baru, Kecamatan Pasar Baru Kabupaten Pesisir Selatan teknik pengumpulan data. Studi penelitian menggunakan data primer dan data olahan atau data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari situs web, tetapi data sekunder adalah data mentah yang dikumpulkan oleh

organisasi atau otoritas terpercaya, dan metode pengumpulan informasi bervariasi tergantung pada data, misalnya dipublikasikan. Penelitian menggunakan teknologi pengumpulan data primer dan sekunder.

1) Prosedur survei dengan teknik pengumpulan data primer dan sekunder serta data sekunder adalah sebagai berikut:

Teknik pengumpulan data primer

a. Observasi lapangan

Observasi lapangan merupakan suatu metode pengumpulan data, tujuannya adalah untuk memperoleh semua data yang diperlukan dengan mengamati langsung di lokasi survei. Dari pengamatan langsung seperti debit air, ketinggian air terjun, dan pengukuran langsung ukuran sungai yang ada.

▪ Rute Saluran Penghantar (Pembawa)

Lokasi dari rute saluran air yang berada dekat intake memiliki kondisi yang relatif terbuka dan mudah untuk proses pembangunan saluran penghantar. Secara umum saluran penghantar berada pada sisi kanan sungai arah kehilirnya dan dialiri memotong lahan yang diapit aliran sungai sementara disisi kirinya ada beberapa anak sungai yang airnya dihilir bertemu Lokasi Bak Penenang

Lokasi bak penenang seperti terlihat pada gambar 5.3 terletak pada koordinat 000 55' 58,3" LS dan 1000 36' 38,8". Lokasi ini terletak pada bagian tanah padat sehingga mudah dalam pembangunan nantinya.

Rute Penstock

Rute penstock berada pada lokasi tebing sungai sisi kiri badan sungai untuk irigasi dimana di dinding tersebut tidak berbatu sehingga mudah untuk pembangunannya, tidak perlu pembersihan lahan dan persiapan pembangunan yang cukup serius

Lokasi Rumah Turbin

Rumah pembangkit akan dibangun terletak pada lokasi tebing sungai pada koordinat 000.55'.54" LS dan 100.36.30 BT dengan lokasi yang tidak berbatu,

dengan kondisi lahan datar. Lokasi pembangunan rumah turbin yang direncanakan berjarak 22 m dari pinggir sungai. Dengan melihat kondisi lahan tersebut rencana lokasi rumah turbin ini tidak memerlukan persiapan awal yang agak lama dan sulit dalam pembangunannya.

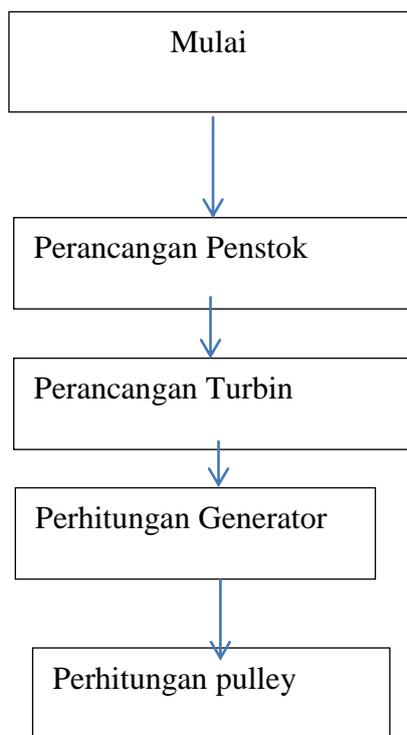
2) Teknik pengumpulan data sekunder

Penelitian kepustakaan adalah metode pengumpulan data dengan mempelajari konsep-konsep teoritis dan mengkonfirmasi hasil pengumpulan data dari pihak-pihak melalui buku-buku teknis dan dokumen lainnya. Data yang diperoleh dari metode pencarian bibliografi adalah curah hujan fasilitas penelitian, teori komposisi PLTMH dan teori yang berkaitan dengan proyek PLTMH.

3) Teknik Analisis Data

1) Tahapan perancangan

Untuk merancang PLTMH berdasar model dari penelitian ini, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.10 Tahapan perancangan

1. Penstok (pipa Pesat)

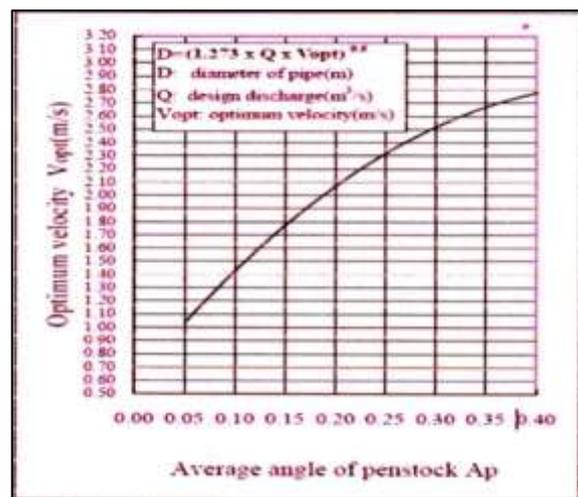
Penstok merupakan pipa yang digunakan mengalirkan air dari bak penenang hingga memutar

turbin dengan persyaratan Mengacu pada *Department of Energy* (Department of Energy, 2009: 4-9), terdapat beberapa pertimbangan saat menentukan jalur pemasangan penstock.

Perhitungan diameter pipa penstock mengacu pada *Department of Energy 2009: 5-31*:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{3,142 V_{opt}}}$$

Nilai kecepatan optimal V_{opt} didapatkan dari persamaan average angle of penstock (rata-rata sudut penstock) dimana A_p (Average angle of penstock) = L_p/H



Gambar 3.11 Tabel average angle of penstock

Tebal pipa penstock (t_0) diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut ;

$$t_0 = \frac{P \cdot x \cdot d}{2 \cdot x \cdot \theta \cdot x \cdot \epsilon} + \delta t$$

2. Turbin Cross Flow

Bagian turbin yang ditentukan melalui rumus adalah diameter turbin (D), diameter shaft (D_s), pitch circle diameter (D_p), panjang turbin (L), jumlah pisau turbin (n), ketebalan pisau turbin (t), dan jarak antara pisau turbin (s). Mockmore (Mockmore et al, 1949: 15), rumus untuk menentukan ukuran turbin. Untuk diameter shaft, dan diameter pitch circle, formulasi yang digunakan mengacu pada Khan, yakni sebagai berikut (Khan et al, 2014), kecepatan putar turbin (Mockmore et al, 1949, ketebalan pisau

turbin, jarak antara pisau turbin, dan jumlah pisau turbin kembali menggunakan rumusan yang dipublikasikan oleh Mockmore (Mockmore et al, 1949).

Diameter poros Turbin Crossflow menggunakan persamaan

$$D_p = 0,7532 \times D$$

Diameter Pich

$$D_{pich} = 0,22 \times D$$

$$L = \frac{144Q}{cxkxD \cdot \sqrt{2gh}}$$

Tebal Pisau ; $t = k \times D$

Jarak Antar Pisau $S = t / \sin B$

Jumlah pisau turbin $n = \pi \times D / S$

3. Perhitungan Generator

Berdasarkan *Power Plant Engineering* (Dwivedi et al, 2006: 386), Daya Hidrolika

$$P = \frac{\rho \times g \times H \times Q}{1000} (kW)$$

- Daya Turbin

$$P_t = P_{xet} = (kW)$$

- Daya Generator

$$P_{gen} = P_t \times \epsilon_g \times \epsilon_{tr}$$

4. Pulley

Menurut buku *Machine Element in Mechanical Design* (Mott, 2004) pulley merupakan bagian dari penggerak sabuk (belt drives). Pulley juga merupakan komponen mekanik berbentuk bulat sebanyak dua buah yang terhubung melalui sebuah sabuk untuk menghubungkan motor atau dengan beban. Fungsi pertama ialah menurunkan kecepatan putar namun meningkatkan nilai torsi dan Fungsi kedua dari pulley adalah menurunkan nilai torsi namun meningkatkan kecepatan putar. Pada kondisi perancangan ini dilakukan pemilihan generator dengan kecepatan putaran minimum mendekati nilai 1500 rpm. Persamaan terkait kecepatan putar pully (Mockmore et al, 1949 sbb;

$$N = \frac{862x\sqrt{h}}{D}$$

Mengacu pada buku *Machine Element in Mechanical Design* (Mott, 2004: 270) ukuran **diameter pulley** yang terhubung dengan generator didapatkan melalui perhitungan persamaan tersebut dibawah ini sebagai berikut:

$$D_2 = \frac{\omega_1 \times D_1}{\omega_1}$$

ω =kecepatan sudut turbin (rpm)

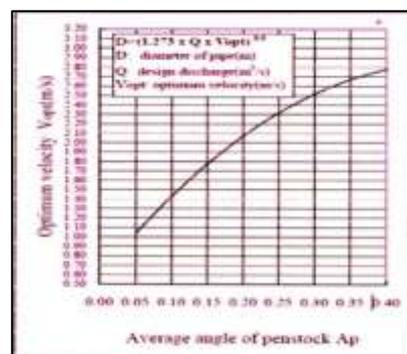
D_1 =dia meter poros turbin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dimulai dengan memasukan data input excel yang telah disiapkan dengan rumus rumus yaitu debit air, tinggi jatuh air, lebar sungai, dan kedalaman sungai. Kesemua data diatas telah diperoleh dari pengukuran langsung terhadap dimensi sungai yang hendak dirancang PLTMH. Setelah itu data data ini dipergunakan dalam merancang, dan langkah perancangan pertama kali yang dilakukan ialah pada saluran intake, langkah kedua bak penenang, langkah ketiga pipa penstock, langkah keempat adalah turbin, langkah kelima perhitungan generator, dan langkah terakhir perhitungan pulley

1, Pipa Penstok

Ukuran dari pipa penstock yang ditentukan melalui perhitungan (V_{opt}) yang didapatkan dari perbandingan dengan *average angle of penstock seperti* dibawah.



Gambar 4.3. Kecepatan Optimum Penstok

Nilai average angle of penstock sendiri pun bergantung pada tinggi jatuh air dan panjang pipa

penstock. Dari survey lapangan diperoleh panjang pipa penstock diperkirakan **8** meter dengan tinggi tekan **22m**, Sehingga *Average angle of penstock* terlebih dahulu dihitung

$$Ap(\text{Average angle of penstock}) = Lp/H = 8/22 = 0,36$$

Untuk mendapatkan dimensi ukuran Diameter penstock dan tebal pipa penstock t_0 pada gambar tersebut, diperlukan sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{3,142V_{opt}}}$$

Dimana;

$$Q = 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{opt} = 2,7 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,48}{3,142 \times 2,73}}$$

$$D = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Tebal pipa penstock (t_0) diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut ;

$$t_0 = \frac{P \times d}{2 \times \theta \times \varepsilon} + \delta t$$

Dimana :

$$P = 1,01 \text{ Atm}$$

$$d = 48 \text{ cm}$$

$$\theta = 1300 \text{ kgf/m}^2$$

$$\delta t = 0,15$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Sehingga ;

$$t_0 = \frac{1,1 \times 0,48}{2 \times 1300 \times 0,85} + 0,15 = 0,17 \text{ cm}$$

2. Turbin Cross Flow

Bagian turbin yang ditentukan melalui rumus adalah diameter turbin (D), diameter shaft (Ds), pitch circle diameter (Dp), panjang turbin (L), jumlah pisau turbin (n), ketebalan pisau turbin(t), dan jarak antara pisau turbin (s). Diameter turbin ditetapkan 30cm.

- Diameter poros Turbin Crossflow menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \circ D_p &= 0,7532 \times D = 0,7532 \times 30 \text{ cm} \\ &= 22,59 \text{ cm} = 7 \text{ inch} \end{aligned}$$

- Diameter Pitch (Dpich)=0,22xD

$$\begin{aligned} \circ D_{pich} &= 0,22 \times 30 \text{ cm} = 0,22 \times D \\ &= 0,22 \times 30 \text{ cm} = 6,6 \text{ cm} = 2 \text{ inchi} \end{aligned}$$

- Panjang Turbin

Untuk menentukan ukuran bagian turbin seperti gambar di atas, panjang turbin (L) mengacu pada persamaan sbb;

$$L = \frac{144Q}{c \times k \times D \cdot \sqrt{2gh}}$$

maka dengan substitusikan ke persamaan diatas ;

$$L = \frac{144 \times 0,48}{0,98 \times 0,875 \times 0,3 \sqrt{2 \times 10 \times 22}}$$

$$L = 12,95 \text{ m} = 3,9 \text{ inchi}$$

- Tebal pisau

Ketebalan pisau turbin digunakan rumus sebagai

$$t = k \times D = 0,0875 \times 30$$

$$t = 2,625 \text{ cm} = 0,8 \text{ in}$$

- Jarak antara pisau turbin

Jarak antara pisau turbin, persamaan yaitu sebagai berikut:

$$S = t / \sin B = 2,625 / 0,5 \text{ cm}$$

$$S = 1,60 \text{ cm} = 0,49 \text{ in}$$

- Jumlah pisau turbin

Jumlah pisau turbin digunakan rumus sesuai dengan persamaan sebagai berikut berikut:

$$n = \pi \times D / S$$

$$n = 3,14 \times 30 \text{ cm} / 1,6 \text{ cm} = 17,98 \text{ bilah}$$

$$n = 18 \text{ bilah}$$

3. Perhitungan Generator

Perkiraan output energy listrik dapat dihitung mengacu pada persamaan dibawah ini :

- Daya Hidrolika

$$P = \frac{\rho x g x H x Q}{1000} (kW)$$

Maka dengan substusikan persamaan dan variable diatas ;

$$P = \frac{1000 x 10 x 22 x 0,48}{1000} (kW)$$

$$P = 103 kW$$

- Daya Turbin

- $P_t = P_{xet} = (kW)$

$$P_t = P_{xet} = 103 x 0,7 = 72 (kW)$$

- Daya yang dibangkitkan Generator

- $P_{gen} = P_t x \varepsilon_g x \varepsilon_{tr} = (kW)$

Dimana ;

$$\text{Efisiensi generator} = 0,92$$

$$\text{Efisiensi transmisi} = 0,98$$

- $P_{gen} = 6,7 x 0,9 x 0,92 = 60 (kW)$

Kapasitas generator ditentukan berdasarkan hasil hitungan pada saat nilai keluaran listrik dari PLTMH terbaca, oleh karena itu dengan menaikan kapasitas sebesar 20%

$$P_{gen} = \frac{P_{gen} x \cos \vartheta}{0,8} = 60 (kW)$$

$$P_{gen} = \frac{60 x 0,8}{0,8} = 60 (kW)$$

4. Perhitungan Pulley

Pada kondisi perancangan ini dilakukan pemilihan generator dengan kecepatan putaran minimum mendekati nilai 1500 rpm.

Untuk memastikan apakah kecepatan putar (Rpm) Turbin dapat dan mampu memenuhi kecepatan putar sebesar 47 di generator, maka diperoleh nilai kecepatan putar turbin melalui persamaan dibawah ini yaitu sebagai berikut:

$$N = \frac{862 x \sqrt{h}}{D}$$

Keterangan :

N = kecepatan putar turbin (rpm)

D = diameter turbin (inch)=0,762 in

h = tinggi jatuh air (ft)=71,4 ft

$$N = \frac{862 x 8,5}{0,762}$$

$$N = 956 rpm$$

Dalam perhitungan pully ada beberapa asumsi yang perlu ditetapkan seperti besarnya diameter pulley yang terkopel langsung dengan putaran turbin, dan maupun diameter pulley yang tersambung pada generator. Ukuran diameter pulley yang terhubung dengan turbin mengikuti besarnya diameter turbin, sedangkan ukuran diameter pulley yang terhubung dengan generator didapatkan melalui perhitungan persamaan tersebut dibawah ini sebagai berikut:

$$D_2 = \frac{\omega_1 x D_1}{\omega_2}$$

dimana;

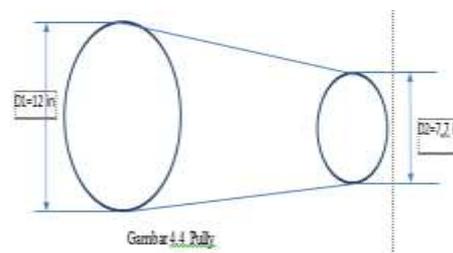
$$\omega_1 = 956 rpm$$

$$\omega_2 = 1500 rpm$$

$$D_1 = 12 in$$

$$D_2 = \frac{956 x 12}{1500} in$$

$$D_2 = 7,7 in$$

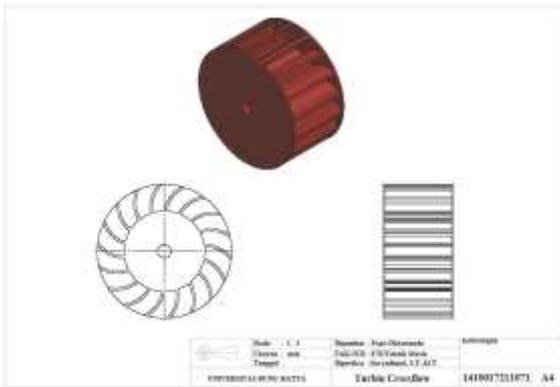


Gambar 4.1 Pulley

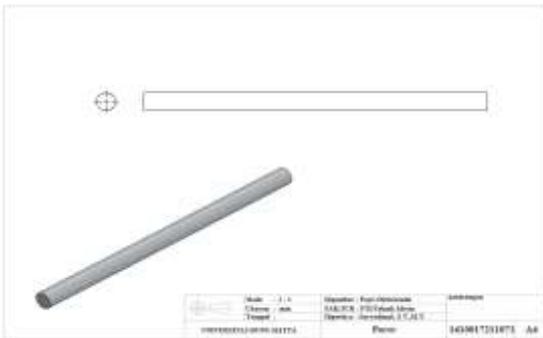
LAMPIRAN

Foto 3D komponen turbin crossflow

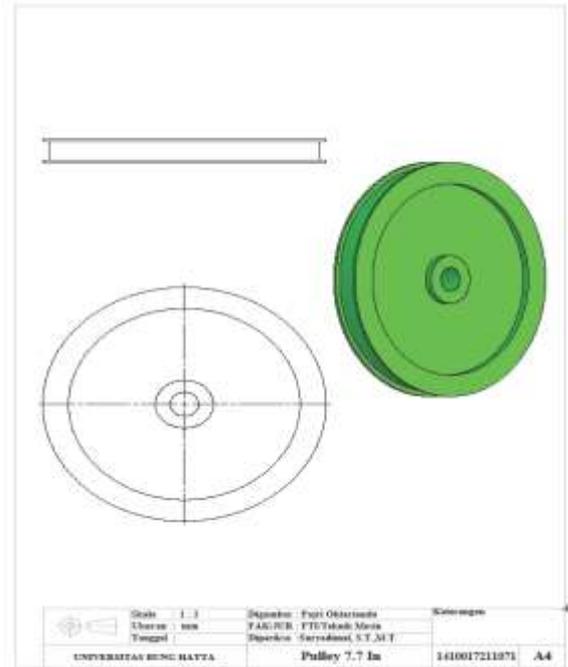
Turbin



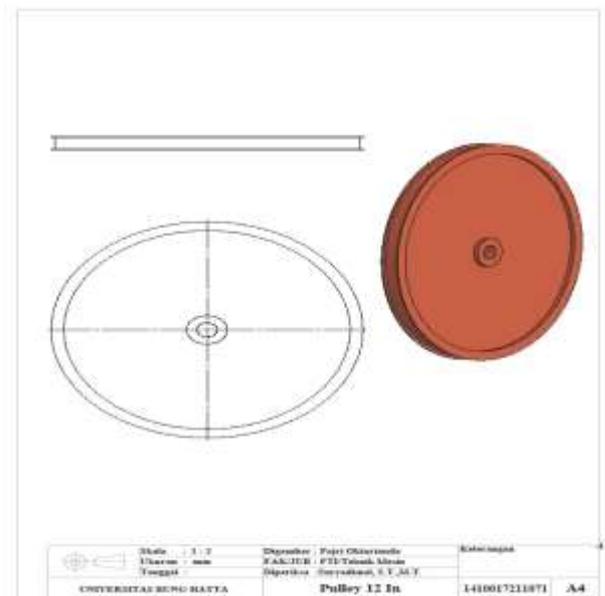
Poros



Pully 7,7 inch



Pully



KESIMPULAN

Ketika mendesain pipa pancar/ penstock, ada dua ukuran utama yang sangat dipertimbangkan, yakni diameter pipa maupun besarnya ketebalan pipa. Secara ilmiah jika ukuran diameter pipa membesar, maka sebaliknya ketebalan pipa tersebut juga akan besar.

Perancangan turbin yang utama sekali adalah seperti diameter dan panjang turbin, diameter pitch,

diameter poros, tebal pisau turbin, jarak antara pisau turbin, serta jumlah pisau turbin. Diameter turbin ditetapkan sebesar 30 cm atau 12 inch.

Nilai kapasitas dari generator juga mengacu pada besarnya energy listrik dihasilkan, dan mengacu pula terhadap daya output turbin.

Ukuran pulley terdiri dari dua jenis, yaitu diameter pulley dari turbin, dan diameter pulley dari generator. Kapasitas pulley sangat ditentukan dari nominal putaran turbin maupun putaran generator. Putaran generator awal diasumsikan dan diambil pada nilai 1500 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Artono & Kuwahara, . (1974).
Buku Pegangan Teknik Tenaga
2. Listrik 1. Jakarta: Pradnya Paramita
3. Clemen, M.D. (1999). Hydro Plant Electrical Systems. Kansas City: HCI Publications.
4. Dandekar, M.M & Sharma, K.N. (1979).
Water Power Engineering. Noida: Vikas Publishing House.
5. Davis, Scott. (2003). Microhydro, Clean Power Form Water. Gabriola Island: New Society Publishers.
6. Department of Energy, Energy Utilization Management Bureau. (2009). Manuals and Guidelines for Mirco-hydropower Development in Rural Electrification.
7. Dwivedi, M., Srivastava, A.P., & Raja, A.K. (2006). Power Plant Engineering. New Delhi: New Age International.
8. Mockmore, C, A. & Merryfield, F. (1949).
The Banki Water Turbine. Oregon: Oregon State College.
9. Mott, L, R. (2004). Machine Elements in Mechanical Design. New Jersey: Pearson Prentice Hall