



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 7587-7600

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Untuk Mendukung Sistem Penyediaan Air Minum

^{1✉} Suwignyo¹, Dandy Ahmad Yani², Azhar Adi Darmawan³, Muhammad Irfan⁴,
Aura Lintang Alif Salsabila⁵

(1) Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang

(2) Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Malang

Email: azharadidfts@umm.ac.id^{1✉}

Abstrak

Dokumen Pemanfaatan energi baru terbarukan semakin banyak dilakukan, salah satunya adalah pemanfaatan energi air sebagai sumber energi utama dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Salah satu potensi air yang dapat dimanfaatkan untuk PLTMH adalah aliran irigasi Ubalan di Desa Pamotan Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. Perencanaan PLTMH Umbulan meliputi perencanaan komponen sipil dan komponen mekanikal yang terbatas pada pemilihan jenis turbin, penentuan dimensi turbin dan pemilihan generator. Hasil survei menunjukkan potensi debit yang dapat dimanfaatkan sebesar 1,34 m³/dt dan tinggi jatuh efektif sebesar 2,72 m. Dengan memanfaatkan debit sebesar 1 m³/dt, diperoleh turbin yang sesuai adalah turbin tipe reaksi, yaitu turbin propeller. Daya listrik yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 20,39 kW. Dalam perencanaan PLTMH, direncanakan: 1) Bendung dengan lebar 3 m dan tinggi 2,57 m dari dasar saluran hulu. 2) Kapasitas forebay 28 m³, 3) Penstock baja dengan diameter dalam 0,7 m, 4) Rumah pembangkit dengan luas 10,8 m², 5) Draft tube dengan ukuran outlet sebesar 1,58×0,65 m², 6) Runner turbin (D1) berdiameter 30 mm dengan kecepatan spesifik (Nq) 236,26.

Kata Kunci: *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, turbin propeller.*

Abstract

The use of new renewable energy is increasingly being carried out, one of which is the use of water energy as the main energy source in Micro Hydro Power Plants (MHPP). One of the potential waters that can be utilized for MHPP is the Ubalan irrigation flow in Pamotan Village, Dampit District, Malang Regency. Umbulan MHPP planning includes planning civil components and mechanical components which is limited to selecting the type of turbine, determining turbine dimensions and selecting generators. The survey results show that the discharge potential that can be utilized is 1,34 m³/s and the effective falling height is 2,72 m. By utilizing a discharge of 1 m³/s, a suitable turbine is obtained, which is a propeller turbine, a reaction type turbine. The electrical power that can be generated is 20,39 kW. In the PLTMH planning, it is planned: 1) Weir with a width of 3 m and a height of 2,57 m from the bottom of the upstream channel. 2) Forebay capacity 28 m³, 3) Steel penstock with an inner diameter of 0.7 m, 4) Power house with an area of 10,8 m², 5) Draft tube with outlet size of 1,58×0,65 m², 6) Runner turbine (D1) with a diameter of 30 mm with a specific speed (N_q) of 236,26.

Keywords: *Micro Hydro Power Plants, propeller turbine.*

PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kebutuhan listrik akan terus meningkat setiap tahunnya. Saat ini, PLTU dengan bahan bakar batu bara menjadi sumber energi listrik terbesar di Indonesia. Meskipun cadangan batu bara saat ini masih melimpah, namun sumber energi tersebut harus segera dicarikan alternatif dengan menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT). Salah satu pengembangan EBT adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber energi primernya (IMIDAP, Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), 2008).

Penggunaan bahan bakar fosil memicu terjadinya pemanasan global. Hal ini disebabkan oleh emisi gas yang dihasilkan pada saat proses pembakaran. Selain itu, ketersediaan bahan bakar fosil yang terbatas juga memaksa kita untuk segera beralih dengan memanfaatkan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT). Menurut Dirjen EBTKE, dengan memanfaatkan energi baru terbarukan, Indonesia berpeluang untuk dapat menciptakan ketahanan energi dan kemandirian ekonomi. Salah satu pengembangan Energi Baru Terbarukan adalah PLTMH atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. PLTMH adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang dalam pengoperasiannya memanfaatkan tenaga air sebagai sumber energi primernya

Pada lokasi perencanaan yang dipilih, yaitu Desa Pamotan Kecamatan Dampit Kabupaten Malang, memiliki potensi untuk dapat dikembangkan PLTMH. Desa Pamotan

memiliki mata air "Umbulan" yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber aliran irigasi. Aliran irigasi tersebut memiliki debit yang cukup besar dengan beberapa bangunan terjunan. Pada perencanaan PLTMH ini, akan dilakukan rehabilitasi pada bangunan terjunan eksisting di saluran dengan menambahkan bendung untuk meninggikan muka air pada bagian hulu. Berjarak beberapa puluh meter dari lokasi perencanaan, terdapat mata air "Sumber Guno" yang saat ini dimanfaatkan sebagai air konsumsi untuk warga Desa Pamotan. Sumber air tersebut kemudian dipompa dan didistribusikan ke warga melalui Sistem Penyediaan Air Minum dan Sanitasi (SPAMS) Desa Pamotan. Namun dalam pelaksanaannya, ternyata SPAMS tersebut memerlukan biaya listrik yang cukup besar. Perencanaan PLTMH ini diharapkan dapat membantu meringankan biaya konsumsi listrik pada SPAMS, sehingga distribusi air bersih dapat lebih maksimal dan mampu mencakup area yang lebih luas lagi.

METODE PENELITIAN

Dalam merencanakan PLTMH Umbulan, tahapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

Pengukuran Elevasi Lokasi Perencanaan

Denah dan topografi lokasi didapatkan dari *Google Earth* dan Badan Informasi Geospasial yang didapatkan secara *online*, dengan dilakukan pengukuran kembali secara manual menggunakan alat ukur panjang untuk mengetahui beda tinggi dan luasan area yang akan dikembangkan.

Pengukuran Potensi Debit

Debit air diukur secara langsung menggunakan metode pelampung sesuai dengan syarat-syarat SNI 8066-2015. Pengukuran dilakukan pada saluran irigasi Ubalan setiap minggu selama 3 bulan. Pengukuran debit ini kemudian dikalibrasi dengan pengukuran menggunakan *current meter* untuk mendapatkan data yang lebih *valid*.

Pengambilan dan Pengujian Sampel Tanah

Sampel tanah diambil pada lokasi perencanaan yang kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan data kadar air, berat jenis, kohesi dan sudut geser.

Perencanaan Desain Turbin dan Bangunan Sipil

Dengan semua data yang sudah diperoleh, maka proses perencanaan desain dapat dilakukan. Dimulai dengan pembuatan layout dan pemilihan turbin yang paling sesuai dengan kondisi di lapangan.

Karya Utama

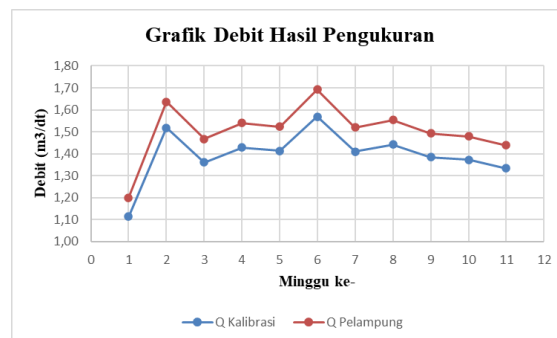
Data Debit Aliran

Pengukuran debit dilakukan dengan menggunakan metode pelampung. Pengukuran dilakukan pada pertengahan musim kemarau, yaitu pada awal bulan April hingga pertengahan bulan Juni.

Hasil pengukuran debit metode pelampung kemudian dikalibrasi dengan hasil pengukuran menggunakan current meter. Pada pengukuran menggunakan current meter, diperoleh besar debit 1,38 m³/dt. Sehingga koefisien kalibrasi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$C_1 = \frac{Q_{\text{Current meter}}}{Q_{\text{Pelampung 1}}}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh koefisien kalibrasi rata-rata sebesar 0,93. Debit metode pelampung kemudian dikalikan dengan koefisien kalibrasi tersebut untuk mendapatkan debit hasil kalibrasi.



Gambar 1.

Debit yang dimanfaatkan untuk PLTMH Umbulan sebesar 1 m³/dt.

Data Topografi

Lokasi perencanaan PLTMH terletak pada ketinggian +454,00 mdpl. Berdasarkan hasil pengukuran topografi, diperoleh elevasi muka air hulu pada ketinggian +453,88 m dan elevasi muka air hilir pada ketinggian +452,60 m. Beda tinggi muka air eksisting sebesar 1,87 m, sehingga diperlukan peninggian muka air hulu dengan membangun bendung untuk mendapatkan tinggi jatuh yang direncanakan. Hasil peninggian muka air ini menghasilkan:

Elevasi muka air hulu = +455,75 m

Elevasi muka air *forebay* = +455,60 m

h_{gross} = Elevasi muka air *forebay* – elevasi muka air hilir

$$= 455,60 - 452,60$$

$$= 3 \text{ m}$$

Pemilihan Tipe Turbin

Berdasarkan data debit dan tinggi jatuh yang diperoleh, dapat ditentukan jenis turbin

Copyright @ Suwignyo, Dandy Ahmad Yani, Azhar Adi Darmawan, Muhammad Irfan,

Aura Lintang Alif Salsabila

yang sesuai adalah turbin propeller. Efisiensi turbin juga dapat diketahui melalui grafik pada

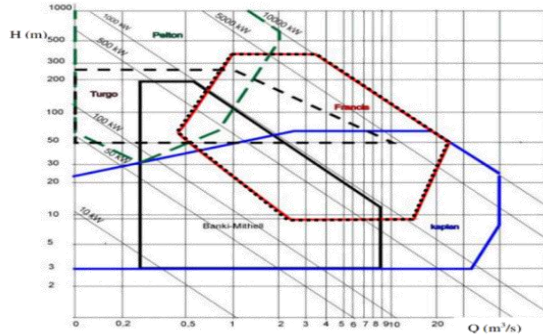
Gambar 4. Untuk menentukan efisiensi turbin, diperlukan nilai $\frac{Q}{Q_{max}} \times 100$

Dimana:

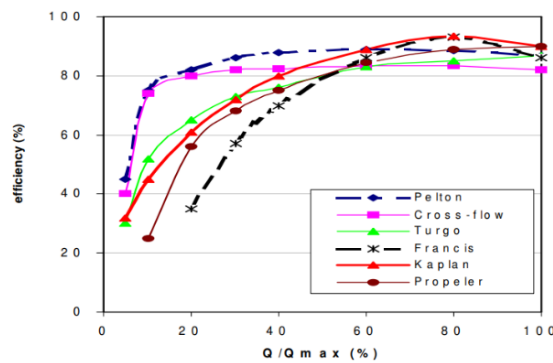
$$Q = 1,00 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{max} = 1,57 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\frac{Q}{Q_{max}} \times 100 = \frac{1,00}{1,57} \times 100 = 63,69\%$$



Gambar 2.



Gambar 3.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, dapat diketahui nilai efisiensi turbin sebesar 85%.

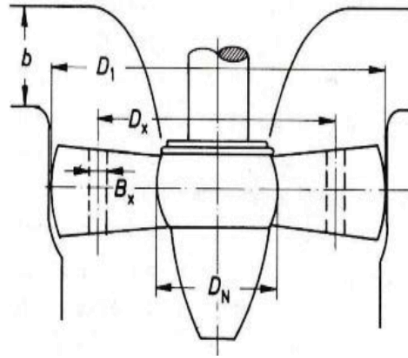
Generator menggunakan 1 fasa dengan efisiensi sebesar 90%.

Karena turbin propeller merupakan jenis turbin reaksi, maka tinggi jatuh efektif sebesar:

$$\begin{aligned} (H_{eff}) &= E_{res} - E_{river} - H_f \\ &= 455,60 - 452,60 - 0,58 \\ &= 2,42 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Turbin

Selanjutnya yaitu perencanaan turbin. Dimensi turbin perlu diketahui untuk memperkirakan ukuran rumah pembangkit yang sesuai. Menurut Sularso (1997), dikutip dalam Suwignyo, dkk (2017), dimensi turbin reaksi dapat ditentukan menggunakan parameter berikut:



Gambar 4

Sebelum menghitung ukuran turbin yang akan digunakan, perlu ditentukan terlebih dahulu kecepatan spesifik turbin (N_q atau N_s)

$$N_q = n \times \frac{\sqrt{v}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Dimana:

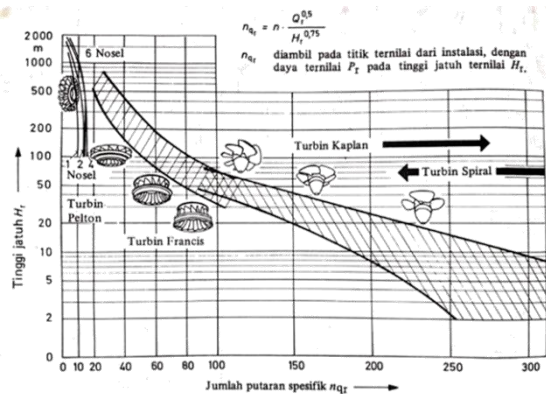
n = putaran turbin (rpm), direncanakan sebesar 500 rpm

v = debit desain = 1 m³/dt

H = tinggi jatuh efektif = 2,72 m

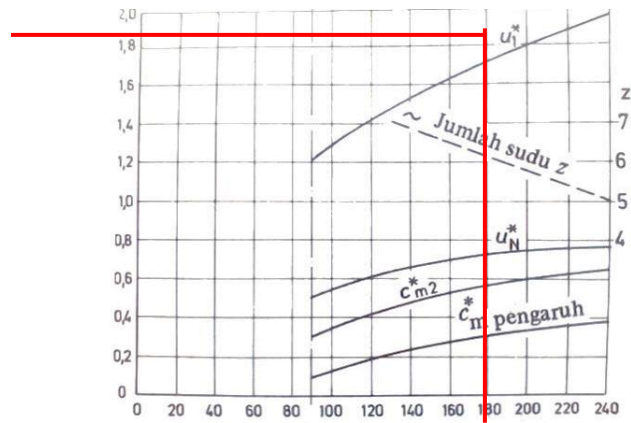
Sehingga:

$$N_q = 500 \times \frac{\sqrt{1}}{2,72^{\frac{3}{4}}} = 236,26$$



Gambar 5.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, nilai N_q yang diperoleh sudah sesuai dengan batasan nilai N_q untuk turbin reaksi dengan tinggi jatuh 3 m.



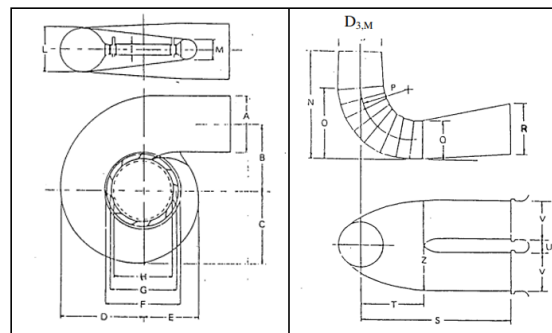
Gambar 6

suai. Menurut

$$\begin{aligned}
 D_1/D_M &= \frac{60 \times u_1}{\pi \times n} \\
 &= \frac{60 \times (u_1^* \times \sqrt{2 \times g \times H})}{\pi \times n} \\
 &= \frac{60 \times (1,9 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,72})}{3,14 \times 500} \\
 &= 0,53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_N &= 0,4 \times D_1 \\
 &= 0,4 \times 0,53 \\
 &= 0,21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Bx &= \frac{D_1}{2} - \frac{D_N}{2} \\
 &= \frac{0,53}{2} - \frac{0,21}{2} \\
 &= 0,157 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 7

Dimensi rumah keong turbin direncanakan sesuai dengan pedoman pada buku Guidelines for Design of Small Hydropower Plants dengan hasil sebagai berikut:

- A = 0,626 m
- B = 0,708 m
- C = 0,806 m
- D = 0,905 m
- E = 0,668 m
- F = 0,921 m

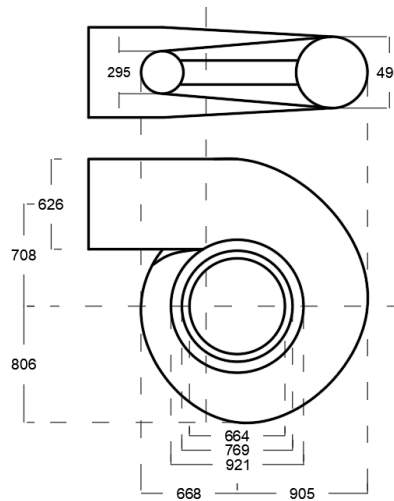
$$G = 0,769 \text{ m}$$

$$H = 0,664 \text{ m}$$

$$I = 0,165 \text{ m}$$

$$L = 0,496 \text{ m}$$

$$M = 0,295 \text{ m}$$



Gambar 8

Daya Pembangkit

Besarnya daya pembangkit yang dapat dihasilkan ditentukan oleh nilai debit dan tinggi efektif. Debit rencana yang digunakan adalah 1 m³/dt dan tinggi efektif sebesar 2,72 m. Sehingga dapat diperoleh daya pembangkit sebesar:

$$P = 9,8 \times Q_{renc} \times H_{eff} \times eff_{gen} \times eff_{turbin}$$

$$= 9,8 \times 1 \times 2,42 \times 90\% \times 85\%$$

$$= 18,14 \text{ kW}$$

Perencanaan Hidraulis Bangunan Sipil

Pintu Sorong

Pintu sorong didesain untuk dapat dilewati air dengan debit 1 m³/dt.

$$Q = \mu \times b \times a \times \sqrt{2 \times g \times z}$$

$$1 = 0,8 \times 1 \times a \times$$

$$\sqrt{2 \times 9,81 \times 0,15}$$

$$1 = 1,37 \times a$$

$$a = 0,72 \approx 0,75 \text{ m}$$

Diperoleh dimensi intake 1 × 0,75 m² dan direncanakan dimensi pintu sorong 1×1 m².

Kehilangan energi akibat *trashrack* (h_t)

$$h_t = K_t \times \left(\frac{t}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) \times \sin\theta$$

$$= 1 \times \left(\frac{0,1}{0,5}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{2,6^2}{2 \times 9,81}\right) \times \sin 76^\circ$$

$$= 0,023$$

Bendung

Untuk mendapatkan tinggi muka air yang direncanakan, tinggi bendung dari dasar saluran hulu direncanakan sebesar 2,57 m. Lebar saluran adalah 2,5 m, sehingga dapat direncanakan:

$$B_{\text{bendung}} = 1,2 \times 2,5 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

$$B_{\text{intake}} = b_{\text{pintu}} = 1 \text{ m}$$

$$B_{\text{pembilas}} = 60\% \times b_{\text{pintu}}$$

$$= 0,6 \text{ m}$$

$$B_{\text{pilar}} = 0,3 \text{ m}$$

$$B_{\text{mercu}} = B_{\text{bendung}} - (B_{\text{pembilas}} + B_{\text{pilar}})$$

$$= 3 - (0,6 + 0,3)$$

$$= 2,1 \text{ m}$$

$$B_{\text{efektif}} = B - 2(n \times K_p + K_a) H_1$$

$$= 2,1 - 2(0 \times 0,01 + 0,1) H_1$$

$$= 2,1 - 0,2 \times H_1$$

Desain mercu menggunakan tipe Ogee I dengan bahan konstruksi pasangan batu. Tipe aliran yang akan terjadi pada bendung ada 2, yaitu kondisi normal dan kondisi debit maksimum. Pada saat kondisi normal, debit yang melimpas di atas mercu sebesar 0,57 m³/dt. Sedangkan pada kondisi debit maksimum, seluruh debit pada saluran akan melimpas di atas mercu, yaitu sebesar 1,57 m³/dt.

Perencanaan peredam energi menggunakan kolam olak tipe vluughter dengan panjang 4,35 m dan kedalaman 0,5 m dari dasar saluran hilir.

Bak Penenang (*Forebay*)

Forebay direncanakan untuk menampung 28 kali debit rencana, dengan detail perencanaan dimensi sebagai berikut:

$$V = 28 \times Q_{\text{renc}} = 28 \times 1 = 28 \text{ m}^3$$

$$P = \text{panjang } \textit{forebay} = 4 \text{ m}$$

$$L = \text{lebar } \textit{forebay} = 2 \text{ m}$$

$$H = \text{kedalaman } \textit{forebay} = 3,5 \text{ m}$$

$$B = \text{tebal dinding } \textit{forebay} = 0,25 \text{ m}$$

Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat direncanakan dengan panjang 2,6 m dengan bahan baja tebal 5 mm.

Diameter dalam pipa diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\begin{aligned}d &= 0,72 \times \sqrt{Q} \\ &= 0,72 \times \sqrt{1} \\ &= 0,72 \text{ m}\end{aligned}$$

Kecepatan aliran dalam pipa yang diizinkan adalah 2-3 m/dt. Kontrol:

$$\begin{aligned}v &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,7^2} \\ &= 2,6 \text{ m/dt}\end{aligned}$$

Kehilangan energi pada *penstock*:

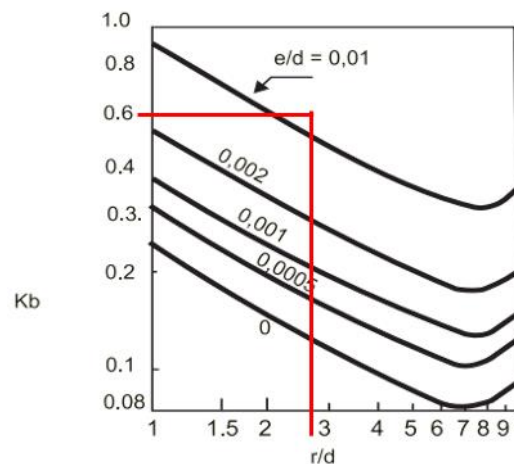
$$\begin{aligned}H_f \text{ minor} &= \frac{v^2}{2g} \times \left(\sum K_c + \sum K_e + \sum K_b + \sum K_v \right) \\ &= \frac{2,6^2}{2 \times 9,81} \times (0 + 0,04 + 0,6 + 0,05) \\ &= 0,238\end{aligned}$$

Dimana:

K_e = inlet tipe *Bell Mouth*

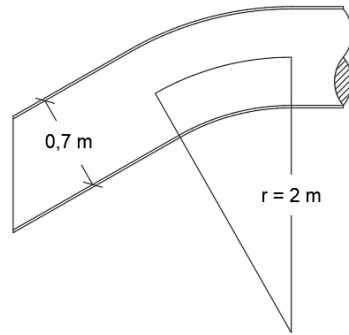
K_v = katup tipe *Globe Valve*

K_b = diperoleh dari grafik pada Gambar 10



Gambar 9

Dengan jari-jari dalam lengkung pipa sebesar 2 m, diperoleh nilai $r/d = 2,86$.



Gambar 10

$$\begin{aligned}
 H_{f \text{ mayor}} &= 10,3 \times L \times \frac{n^2 \times Q^2}{d^{5,33}} \\
 &= 10,3 \times 2,25 \times \frac{0,012 \times 1^2}{0,7^{5,33}} \\
 &= 0,022
 \end{aligned}$$

Kehilangan energi maksimum pada penstock yang diizinkan adalah sebesar 10% dari total Head.

$$\begin{aligned}
 H_{f_{\max}} &= 10\% \times H \\
 &= 10\% \times 3 \\
 &= 0,3
 \end{aligned}$$

$$H_f \leq H_{f_{\max}}$$

$$0,275 \leq 0,3 \rightarrow \text{OK}$$

Kedalaman pipa dari permukaan air menurut Knauss:

$$\begin{aligned}
 \text{Knauss} &= D \times \left(1 + 2,3 \times \frac{v}{\sqrt{g \times D}} \right) \\
 &= 0,7 \times \left(1 + 2,3 \times \frac{2,6}{\sqrt{9,81 \times 0,7}} \right) \\
 &= 2,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jarak pipa dari dasar forebay adalah 0,38 m.

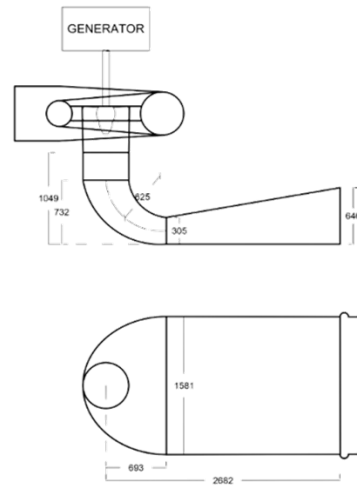
Rumah Pembangkit (*Power House*)

Rumah pembangkit direncanakan sebagai bangunan sederhana 1 lantai dengan ukuran 2,7 x 4 m.

Draft Tube

Penggunaan *draft tube* merupakan salah satu cara untuk meminimalisir terjadinya kavitasi pada *outlet* turbin. Desain *draft tube* direncanakan sesuai dengan pedoman pada buku *Guidelines for Design of Small Hydropower Plants* pada Gambar 8.

Diperoleh desain draft tube sebagai berikut:



Gambar 11

Tailrace

Tailrace diletakkan pada ujung *draft tube* yang akan membawa *output* aliran dari turbin kembali ke saluran. *Tailrace* direncanakan dengan ukuran $1,58 \times 0,65 \text{ m}^2$ dan terletak di dalam tanah.

SIMPULAN

Pada bagian ini, penulis memaparkan tingkat ketercapaian target kegiatan di lapangan (secara kuantitatif). Paparan tingkat ketercapaian ini tidak berlaku jika program merupakan mono-tahun karena tingkat ketercapaian harus 100%. Juga perlu dipaparkan tentang ketepatan antara persoalan, kebutuhan atau tantangan yang ditangani dan metode yang diterapkan. Kesimpulan dipaparkan dalam bentuk 1 paragraf.

Dengan mengolah data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan, dapat dihasilkan daya listrik sebesar 18,14 kW dengan detail dimensi bangunan:

- *Intake* = $1 \times 0,75 \text{ m}$.
- Bendung = tinggi 3,85 dengan kolam olak tipe *Vlughter*.
- *Forebay* = $4 \times 2 \times 4 \text{ m}$.
- *Penstock* = pipa baja dengan diameter 0,7 m dan panjang 2,25 m.
- *Power house* = $4 \times 2,7 \text{ m}$.
- *Draft tube* = $1,58 \times 0,65 \text{ m}$.
- *Tail race* = $1,6 \times 0,65 \text{ m}$.

DAFTAR PUSTAKA

Bratko and Doko, 2013, Water Intake Structures for Hydropower, *International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering*, Vol 2, May, 983-996.

- Christiawan, Donny. Jasa, Lie. dan Sudarmojo, Yanu Prpto. 2017, Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Terhadap Putaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), *Teknologi Elektro*, Vol 16, Mei – Agustus, 104-111.
- Dietzel, Fritz. 1980. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Terjemahan oleh Dakso Sriyono. Jakarta : Erlangga.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen ESDM. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal*. Jakarta : Departemen ESDM.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen ESDM. 2009. *Pedoman Studi Kelayakan Sipil*. Jakarta : Departemen ESDM.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen ESDM. 2008. *Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. Jakarta : Departemen ESDM.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1997, *Teknik Fondasi 1*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air – Direktorat Jenderal Irigasi dan Rawa. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi KP-02 Bangunan Utama*. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air – Direktorat Jenderal Irigasi dan Rawa. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi KP-04 Bangunan*. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air – Direktorat Jenderal Irigasi dan Rawa. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi KP-06 Parameter Bangunan*. Jakarta.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016, Mengarusutamakan EBT Sebagai Energi Masa Depan, *Jurnal Energi*, Edisi 02, 9.
- Marwadi, Erman dan Memed, Moch. 2002, *Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis*, Penerbit CV Alfabeta. Bandung.
- Ramos, Helena. Almeida, A. Betamio de. Portela, M. Manuela. and Almeida, H. Pires de. 2000, *Guidelines for Design of Small Hydropower Plants*, WREAN (Western Regional Energy Agency & Network) and DED (Department of Economic Development), Belfast, North Ireland.
- Rohermanto, A., 2007, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*, Vol 4, 28-36.
- Sam, Alimuddin dan Patabang, Daud. 2005, Studi Potensi Angin di Kota Palu untuk Membangkitkan Energi Listrik, *Jurnal SMARTek*, Vol 3, Februari, 21-26.
- Silitonga, A.S. dan Ibrahim H. 2020, *Buku Ajar Energi Baru & Terbarukan*, Penerbit Deepublish, Yogyakarta.

- SNI 8066 – 2015. *Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung.*
- Suryansyah, Y., 2013, *Potensi Energi Arus Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Pulau-pulau Kecil*, Vol 8, April, 27-34.
- Suwignyo, Mokhtar, Ali. Suhardi, Diding. Effendy, Machmud. dan Nissa, Khoirin. 2022, *Pembangkit Listrik Tenaga Mini & Mikro Hidro (PLTM & PLTMH)*, Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Suwignyo, Masudin, Ilyas. dan Mokhtar, Ali. 2017, *Perencanaan dan Pembuatan Turbin Propeller untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*, A-62 – A-63.
- Widiana, I Nengah. Giriantari, Ida Ayu. Setiawan, I Nyoman. 2020, Perancangan Penstock (Pipa Pesat) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol 19, Juli – Desember, 235-240.
- Darmawan, A. A., Adibah, A. N., Abadi, K., & Saleh, C. (2021). Pemetaan Batas Lahan Pondok Pesantren Entrepreneur Muhammadiyah Gondanglegi Kabupaten Malang (Mapping of Land Boundaries of the Entrepreneur Muhammadiyah Boarding School nasional dengan milik pesantren , sehingga walaupun bentuknya adalah sebuah pondok t. JAST : Jurnal Aplikasi Sains Dan Teknologi, 5(1), 60–68. <https://doi.org/10.33366/jast>
- Darmawan, A. A., Saleh, C., Amal, A. S., Yani, D. A., Pambudi, A. R. C., & Aprilian, F. C. (2023). Syarat teknis pada proposal perbaikan peningkatan fasilitas umum musholla sebagai tempat ibadah. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 6(3), 665–677. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v6i3.19532>