

Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dusun Rinjing, Desa Gununglurah Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah

An Analysis on Efficiency of Micro Hydropower Plant (PLTMH) in Dusun Rinjing, Gununglurah Village, Cilongok District, Banyumas Regency, Central Java

Hamid Nurin Alimani¹, Iskahar², Teguh Marhendi³

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Artikel

Dikirim, 14 Januari 2024
Direvisi, 20 Januari 2025
Diterima, 22 Januari 2025

Korespondensi Penulis:

Hamid Nurin Alimani
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Purwokerto
JL. K.H. Ahmad Dahlan
Purwokerto, 53182
Email:
lhazelnut0@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan energi yang bersih karena tidak mengeluarkan limbah yang dapat merusak lingkungan. PLTMH juga menjadi solusi bagi desa terpencil yang memiliki sungai tetapi masih belum memiliki daya listrik yang cukup, dengan pengelolaan yang tepat akan menghasilkan manfaat yang baik pula. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait PLTMH agar potensi PLTMH dapat meluas sampai ke pelosok negeri yang masih kekurangan pasokan energi listrik. Tahapan dalam penelitian ini adalah pengukuran besar debit air Sungai Pengaji yang ada di Dusun Rinjing, Gununglurah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas yang didalamnya berupa pengukuran luas penampang dan kecepatan aliran air sungai dengan menggunakan alat bantu sederhana kemudian dilanjutkan dengan pengukuran ketinggian (*head*) bangunan PLTMH terhadap bak penampung / *forebay*. Debit air yang didapat sebesar 0,3975 m³/s dan *head* efektif sebesar 31,96 m, jenis turbin yang ada pada PLTMH di lokasi penelitian adalah jenis turbin *crossflow* atau banki. Besar daya generator 90,04 kW dan daya output turbin 105,93 kW dengan besar potensi daya listrik minimum teoritik 12,46 kW dan daya listrik maksimum teoritik 99,7 kW didapat besar nilai efisiensi tertinggi 18,22%. Besar daya output turbin tersebut jika digunakan untuk 20 Rumah maka setiap rumah mendapat pasokan listrik sebesar 5,30 kW.

Kata Kunci : Mikrohidro, Energi Listrik, Turbin *Crossflow*, Efisiensi,

ABSTRACT

The Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is a clean energy source, producing no environmentally harmful waste. It serves as a solution for remote villages with rivers but insufficient electricity, offering substantial benefits with proper management. Research is crucial to extend PLTMH potential to energy-deprived areas. In this study, measurements of the Pengaji River's water flow in Rinjing, Gununglurah, Cilongok Subdistrict, Banyumas Regency were conducted. This included assessing cross-sectional area, flow velocity using simple tools, and measuring the head of the PLTMH structure relative to the forebay. The obtained water flow is 0.3975 m³/s, with an effective head of 31.96 m. The turbine type is a crossflow or banki turbine. The generator's capacity is 90.04 kW, turbine output is 105.93 kW, with theoretical minimum and maximum electrical power potentials of 12.46 kW and 99.7 kW, respectively. The highest efficiency achieved is 18.22%. The turbine's output can supply 5.30 kW of electricity to each of the 20 houses if evenly distributed.

Keyword : Microhydro, Electrical Energy, Crossflow Turbin, Efficiency,

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik dengan memanfaatkan aliran Sungai untuk menghasilkan daya listrik dengan menggunakan turbin air dengan generator. Energi yang dihasilkan air yang mengalir dari ketinggian dikonversi menjadi putaran pada turbin. Putaran dari turbin akan memutar poros sehingga generator akan berputar dan putaran dari generator ini akan menimbulkan Listrik. Besar daya Listrik yang dihasilkan bergantung dari rancangan ketinggian dan besar debit air yang digunakan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan energi yang bersih karena tidak mengeluarkan limbah yang dapat merusak lingkungan. PLTMH juga menjadi solusi bagi desa terpencil yang memiliki sungai tetapi masih belum memiliki daya listrik yang cukup, dengan pengelolaan yang tepat akan menghasilkan manfaat yang baik pula. Seperti yang dilakukan oleh puluhan warga di Dusun Pesawahan dan Dusun Rinjing Desa Gununglurah Kecamatan Cilongok yang hingga kini masih giat memelihara PLTMH bantuan dari pemerintah Provinsi Jawa Tengah. Mereka menyadari betapa berharganya energi listrik. Pasalnya sebelum ada PLTMH ini, mereka harus sibuk dan repot memperbaiki kincir air penghasil listrik yang rusak. [6][3][5]

Sejak dibangun pada 2010, masyarakat di Dusun Rinjing, Desa Gununglurah membentuk kelompok bernama PLTMH Tirta Mengaji. Kelompok ini bertugas untuk mengelola hal-hal yang berhubungan dengan PLTMH, mulai dari instalasi, pelanggan dan iuran. [4]

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini yaitu Dusun Rinjing Desa Gunung Lurah, Dusun III, Gununglurah, Kec. Cilongok, Kec. Cilongok, Kab. Banyumas, Jawa Tengah berada pada koordinat 7°21'29.7"S 109°09'10.8"E.

2.2. Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

Adapun data-data yang dibutuhkan untuk penelitian yaitu :

1. Data Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dusun Rinjing Desa Gununglurah, Cilongok antara lain :
 - a. Daya yang dihasilkan (kWh)
 - b. Jumlah rumah yang menggunakan listrik dari PLTMH
 - c. Jenis turbin yang dipakai
 - d. Jenis generator yang dipakai
 - e. Jadwal perawatan PLTMH
2. Data Sungai sebagai sumber energi, antara lain :
 - a. Debit Air (m³/s)
 - b. Luas Penampang Sungai (m²)
 - c. Kecepatan Aliran Sungai (m/s)
 - d. *Head* (m)

2.3. Alat yang Digunakan

1. Satu unit laptop
Laptop berperan sebagai wadah untuk menampung semua data yang didapat dan yang akan digunakan selama proses penelitian. Dalam penelitian ini, peneliti memakai Laptop tipe Lenovo Thinkpad T440p.
2. Aplikasi Microsoft Word 2019
Microsoft word berfungsi sebagai media dalam pembuatan laporan proposal skripsi. Pada penelitian kali ini, peneliti memakai aplikasi Microsoft Word versi 2019.
3. Aplikasi Microsoft Excel 2019
Microsoft Excel berperan sebagai media dalam mengolah data perhitungan yang peneliti dapat saat melaksanakan penelitian di lapangan. Pada penelitian kali ini, peneliti memakai Microsoft Excel versi 2019.
4. Kamera
Kamera pada penelitian ini berfungsi sebagai pengabadian momen saat peneliti melakukan penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai kamera ponsel tipe Realme Narzo 50A.
5. Kalkulator
Kalkulator sebagai media perhitungan sementara dalam pengolahan data yang didapat dilapangan sebelum diinputkan kedalam Excel.
6. Meteran
Meteran berfungsi sebagai alat pengukur di lapangan. Dalam penelitian ini, peneliti memakai meteran type TM-ARM10 dengan panjang maksimal 10 meter.

7. Kertas HVS dan Alat Tulis
Kertas HVS dan Alat Tulis berfungsi sebagai media penginputan data sementara yang didapat dilapangan sebelum diinputkan kedalam Excel.
8. Tali Rafia
Tali Rafia berfungsi sebagai pembatas pada permukaan Sungai sebagai penanda batas mulai dan berakhir dalam pengukuran kecepatan aliran, juga tali rafia berfungsi sebagai penanda batas pada tiap segmen dalam pengukuran luas penampang Sungai.
9. Botol Plastik
Botol plastik berfungsi sebagai benda apung pada pengambilan data kecepatan aliran Sungai yang digunakan oleh peneliti.
10. Gunting
Gunting berfungsi sebagai alat pemotong yang digunakan peneliti Ketika dilapangan.
11. Batang Kayu
Batang kayu berfungsi sebagai alat pengukur kedalaman Sungai yang digunakan peneliti ketika dilapangan.
12. GPS Garmin 78s
GPS berfungsi sebagai alat pengukuran head di lapangan yang dipakai peneliti. Head yang diukur adalah head kotor (*Head Gross*) yang kemudian menjadi Head bersih setelah dikurangi faktor gesekan dan faktor kehilangan (*Losses*) ketika air mengalir.
13. Multimeter SANWA CD800a
Multimeter berfungsi sebagai alat pengukuran besar tegangan pada MCB yang terletak di lokasi penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai Multimeter merek SANWA dengan tipe CD800a
14. Amperemeter MT87
Amperemeter berfungsi sebagai alat pengukur besar Arus yang terjadi pada kabel fasa R,S dan T yang ada di lokasi penelitian. Pada penelitian ini, peneliti memakai Amperemeter type MT87.

2.4. Prosedur Penelitian dan Analisis Data Penelitian

2.4.1. Pengukuran Head di Lapangan

Head yang diukur tersebut merupakan head kotor (head gross), setelah di kurangi dengan faktor gesekan dan faktor kehilangan (losses) lainnya ketika air mengalir maka akan menjadi head bersih (head net). Pengukuran *head* ini menggunakan alat ukur GPS.

Adapun Langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Melakukan pengukuran, dimulai diatas elevasi perkiraan permukaan air pada posisi *Forebay* yang telah di tentukan.
- b. Melakukan penandaan Titik 1 pada permukaan air pada *forebay* menggunakan batang kayu.
- c. Melakukan pengambilan titik koordinat pada titik 1 menggunakan GPS Garmin 78s dan Catat pada HVS.
- d. Melakukan pengukuran kedua dan selanjutnya dengan melanjutkan pada titik yang lebih rendah dari pengukuran sebelumnya.
- e. Melanjutkan pengukuran sampai di lokasi turbin ditempatkan.
- f. Menghitung seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan total *head* kotor.

2.4.2. Pengukuran Luas Penampang Sungai

Adapun langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampangnya seragam, dan tentukan relatif nya.
- b. Mengukur luas penampang bagian sungai dengan membagi kedalam beberapa segmen.
- c. Menghitung luas dari masing-masing segmen tersebut dan menghitung luas penampang secara keseluruhan.

2.4.3. Pengukuran Kecepatan Aliran

Adapun langkah-langkah nya sebagai berikut :

- a. Memilih bagian sungai yang relatif lurus dan penampangnya seragam dan tentukan panjangnya.
- b. Menjatuhkan benda apung tersebut sebelum garis start yang telah ditentukan.
- c. Mengukur waktu yang diperlukan benda apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.
- d. Menghitung kecepatan benda apung dengan rumus :

$$Vf = \frac{\text{Jarak (m)}}{\text{waktu (s)}} \quad (1)$$

- e. Menghitung kecepatan rata-rata kecepatan aliran sungai tersebut dengan menggunakan rumus :

$$V_a = V_f \times c \text{ (m/s)} \quad (2)$$

Nilai faktor koreksi (Sulistiyono et al., 2013):

- Saluran beton, persegi panjang, mulus
c = 0.85
 - Sungai luas, tenang, aliran bebas (>10m²)
c = 0.75
 - Sungai dangkal, aliran bebas (<10 m²)
c = 0.65
 - Dangkal (<0.5 m), aliran turbulen
c = 0.45
 - Sangat dangkal (<0.2 m), aliran turbulen
c = 0.25
- f. Menghitung debit air sungai tersebut dengan persamaan rumus :

$$Q = V_a \times A \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengamatan

Tabel 1. Data Debit Sungai

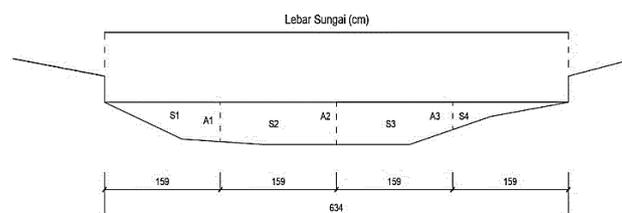
No	Jarak Laju Benda Apung (L)	Waktu (t)	Kecepatan (Vf)
1	7,6 m	17,52 s	0,43 m/s
2	7,6 m	12,95 s	0,59 m/s
3	7,6 m	10,40 s	0,73 m/s
4	7,6 m	17,30 s	0,44 m/s
Total		58,17 s	2,19 m/s
Rata-Rata			0,36 m/s

Sumber : Peneliti, 2023

Tabel 2. Data Kedalaman Sungai

Nama Titik	Kedalaman (Cm)
A1	42,5
A2	48,4
A3	16,2
Total	107,1
Rata- Rata	35,7

Sumber : Peneliti, 2023



Gambar 1. Profil Melintang Sungai Pengaji

Berdasarkan data primer yang diperoleh dan dengan lebar sungai untuk penelitian 634 cm dan Panjang lintasan benda apung 760 cm. Besar debit sungai pengaji dapat ditentukan dengan rumus :

$$V_a = V_f \times c \text{ (m/s)} \quad (4)$$

$$Q = V_a \times A \quad (5)$$

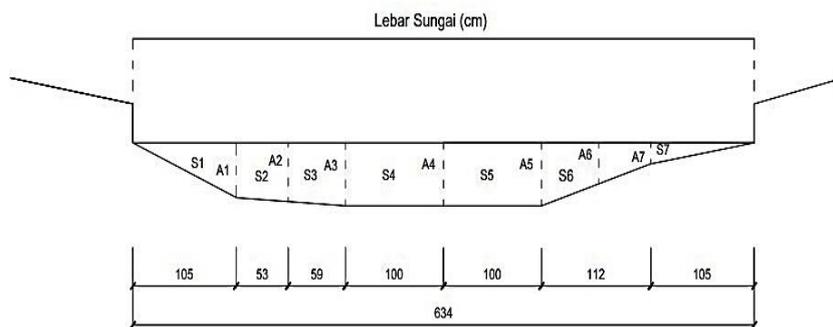
Dimana :

- Saluran beton, persegi panjang, mulus
c = 0.85
- Sungai luas, tenang, aliran bebas (>10m²)
c = 0.75
- Sungai dangkal, aliran bebas (<10 m²)
c = 0.65
- Dangkal (<0.5 m), aliran turbulen
c = 0.45
- Sangat dangkal (<0.2 m), aliran turbulen
c = 0.25

Maka :

$$V_a = 0,36 \text{ m/s} \times 0,45 = 0,162 \text{ m/s}$$

A = Dikarenakan bentuk sungai tidak beraturan maka untuk menentukan luas penampang aliran perlu menggunakan pendekatan matematis yaitu dengan membagi keseluruhan penampang aliran ke beberapa segmen berbentuk segitiga, persegi panjang dan trapesium.



Gambar 2. Profil Melintang Sungai Pengaji dalam Segmen

Tabel 3. Data Penampang Sungai Pengaji

Kedalaman (cm)		Lebar Segmen (cm)	
A1	42	S1	105
A2	42,5	S2	53
A3	48,4	S3	59
A4	48,4	S4	100
A5	48,4	S5	100
A6	16,2	S6	112
A7	16	S7	105
TOTAL	261,9	TOTAL	634

Sumber : Peneliti, 2023

Tabel 4. Analisis Luas Penampang

LUAS PENAMPANG SUNGAI (m ²)							
Nama Segmen	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Luas Penampang	0,221	0,335	0,394	0,484	0,484	0,452	0,084
Total L. Penampang	2,454						

Sumber : Peneliti, 2023

$$\begin{aligned}
 Q &= V_a \times A \\
 &= 0,162 \text{ m/s} \times 2,454 \text{ m}^2 \\
 &= 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \approx 397,5 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka Besar Debit Sungai Pengaji adalah sebesar 0,3975 m³/s atau 397,5 l/s.

3.2. Data Head Gross

Hasil Pengukuran dan Analisis :

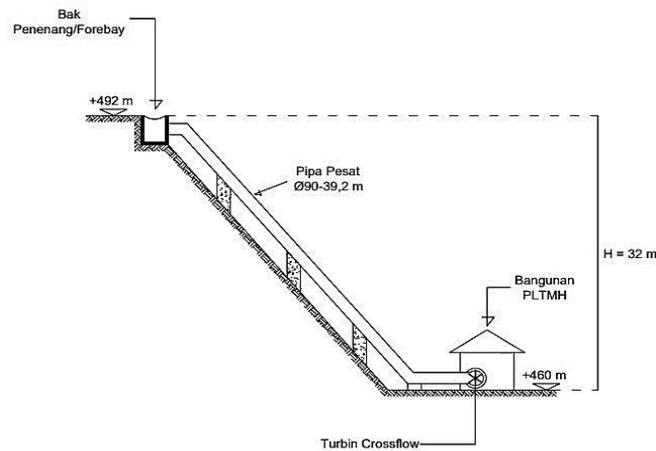
a. GPS Garmin 78s :

- Titik 1 = 492 m (terletak di arah timur, tepat disamping Bak Penampungan/*Forebay*.)
- Titik 2 = 484 m (terletak di arah timur dari Bak Penampungan/ *Forebay*, tepat disamping Saluran Pelimpah)
- Titik 3 = 468 m (terletak di arah selatan dari titik 2, dekat belokan pipa)
- Titik 4 = 460 m (terletak di arah Selatan, berada disamping Bangunan PLTMH)

b. *Head Gross* :

$$= 492 \text{ m} - 460 \text{ m}$$

$$= 32 \text{ meter}$$



Gambar 3. Sketsa *Head Gross*

3.3. Data Head Efektif

3.3.1. Friction Loss (Mayor Loss)

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (6)$$

Dimana :

1. Kecepatan Rata-Rata

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,3975 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} \times 0,88^2 \text{ m}^2} = 0,65 \text{ m/s}$$

2. *Reynolds Number*

Dilansir dari jurnal Quintana, 2001 pada penelitian nya didapat suhu rata-rata air sungai di Indonesia berkisar 26 – 26,9°C, maka :

Tabel 5. Sifat-sifat air untuk berbagai temperature

Temp °C	Kerapatan ρ (kg/m ³)	Viscositas dinamis μ (m ² /det)	Viscositas kinematis ν (m ² /det)	Tegangan permukaan τ (N/m)	Tinggi tekanan uap p_v/γ (m)	Modulus elastisitas K (N/m ²)
18	998,62	1,052 x10 ⁻³	1,052 x10 ⁻⁶	0,0730		
20	998,23	1,000 x10 ⁻³	1,002 x10 ⁻⁶	0,0728	0,25	2,19x10 ⁹
25	997,08	0,887 x10 ⁻³	0,890 x10 ⁻⁶	0,0720	0,33	
30	995,65	0,795 x10 ⁻³	0,795 x10 ⁻⁶	0,0712	0,44	2,25x10 ⁹
35	994,06	0,715 x10 ⁻³	0,719 x10 ⁻⁶	0,0704	0,58	

40	992,25	0,648 x10 ⁻³	0,653 x10 ⁻⁶	0,0696	0,76	2,26x10 ⁹
45	990,25	0,590 x10 ⁻³	0,596 x10 ⁻⁶	0,0689	0,98	
50	988,07	0,540 x10 ⁻³	0,547 x10 ⁻⁶	0,0680	1,26	2,26 x10 ⁹
60	983,24	0,459 x10 ⁻³	0,467 x10 ⁻⁶	0,0661	2,03	2,25 x10 ⁹
70	977,81	0,395 x10 ⁻³	0,404 x10 ⁻⁶	0,0643	3,20	2,22 x10 ⁹
80	971,83	0,345 x10 ⁻³	0,355 x10 ⁻⁶	0,0626	4,86	2,17 x10 ⁹
90	965,34	0,304 x10 ⁻³	0,315 x10 ⁻⁶	0,0607	7,18	
100	958,38	0,270 x10 ⁻³	0,282 x10 ⁻⁶	0,0589	10,33	

Sumber : Asrori et al., 2021

$$v = \frac{(30-26)0,890 \times 10^{-6} + (26-25)0,798 \times 10^{-6}}{30-25}$$

$$v = \frac{(4)0,890 \times 10^{-6} + (1)0,798 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = \frac{3,56 \times 10^{-6} + 0,798 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = \frac{4,358 \times 10^{-6}}{5}$$

$$v = 0,872 \times 10^{-6}$$

$$RE = \frac{V \times D}{v} = \frac{0,65 \text{ m/s} \times 0,88 \text{ m}}{0,872 \times 10^{-6}} = 660181 \approx 6,60 \times 10^5$$

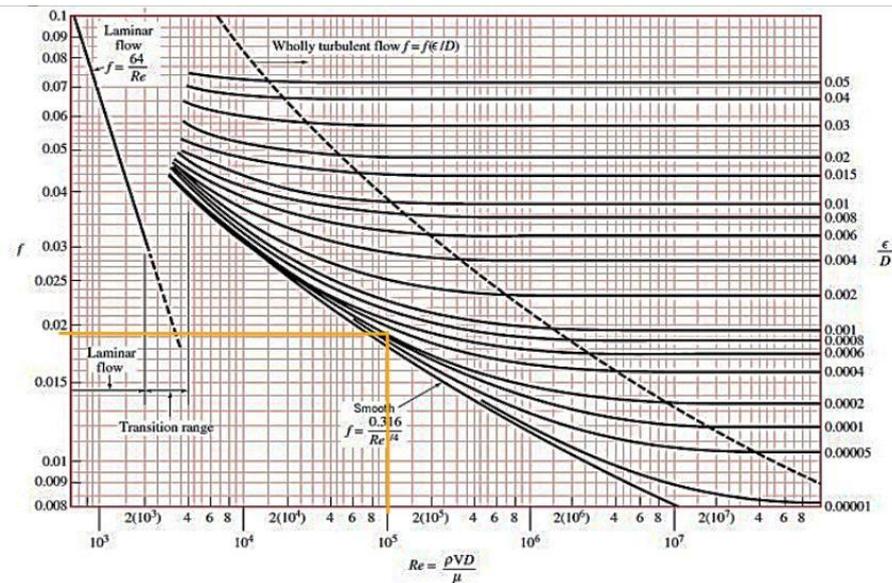
3. Relative Roughness

Tabel 6. Harga Kekasaran Relatif Pipa

Pipe	Equivalent Roughness, ϵ	
	Feet	Millimeters
Riveted steel	0.003–0.03	0.9–9.0
Concrete	0.001–0.01	0.3–3.0
Wood stave	0.0006–0.003	0.18–0.9
Cast iron	0.00085	0.26
Galvanized iron	0.0005	0.15
Commercial steel or wrought iron	0.00015	0.045
Drawn tubing	0.000005	0.0015
Plastic, glass	0.0 (smooth)	0.0 (smooth)

Sumber : Subagyo & Mursadin, 2017

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,15 \text{ mm}}{880 \text{ mm}} = 0,00017$$



Gambar 4. Diagram Moody

Maka :

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

$$= 0,019 \frac{39,20 \times 0,65^2}{0,88 (2 \times 9,81)}$$

$$= 0,015 \text{ m} \approx 0,015 \text{ m}$$

3.3.2. Minor Friction Loss

- Kehilangan Tenaga pada Saluran Masuk (*Inlet Loss*)

$$H_c = \frac{f_c \times V}{2g} = \frac{0,5 \times 0,65}{2 \times 9,81} = 0,0165 \text{ m} \approx 0,017 \text{ m}$$

$$f_c = 0,5 \text{ (koefisien inlet dalam skema mikrohidro)}$$
- Kehilangan Tenaga pada Katup (*Valve Loss*)

$$H_c = \frac{f_c \times V}{2g} = \frac{0,2 \times 0,65}{2 \times 9,81} = 0,0066 \text{ m} \approx 0,007 \text{ m}$$

$$f_c = 0,2 \text{ (Penche, 1988)}$$
- Kehilangan Tenaga pada Belokan (*Bend Loss*)

$$H_c = 10\% \times (H_f + H_c + H_v)$$

$$= 10\% \times (0,015 + 0,017 + 0,007)$$

$$= 0,0039 \approx 0,004 \text{ m}$$

Sehingga *Head* Efektif nya adalah :

$$H_{net} = \text{Head Gross} - \text{Head Loss} (H_f + H_c + H_v + H_o)$$

$$= 10\% \times (0,015 + 0,017 + 0,007 + 0,003)$$

$$= 31,962 \approx 31,96 \text{ m}$$

3.4. Analisis Turbin Air

3.4.1. Air

$$P_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m} \times 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,96 \text{ m}$$

$$P_a = 124.627,22 \text{ W} \approx 124,63 \text{ kW}$$

3.4.2. Daya Keluaran Turbin

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s} \times 0,3975 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,96 \text{ m} \times 0,85$$

$$p = 105.933,13 \text{ W} \approx 105,93 \text{ kW}$$

3.4.3. Kecepatan Putaran

$$n = \frac{40}{0,88 \text{ m}} \sqrt{31,96 \text{ m}}$$

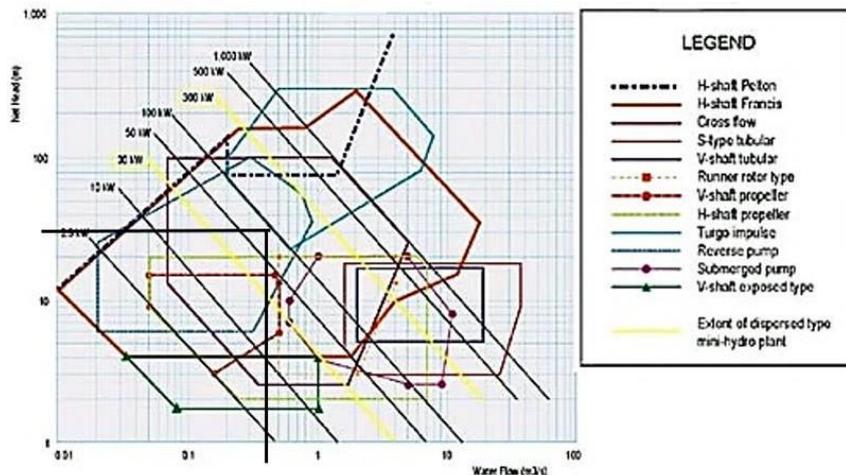
$$n = 256,96 \text{ Rpm} \approx 257 \text{ Rpm}$$

3.4.4. Kecepatan Spesifik Turbin

$$N_s = 257 \times \frac{105,93^{0,5}}{31,96^{1,5}}$$

$$N_s = 257 \times 0,057$$

$$N_s = 14,63 \text{ m/Kw}$$



Gambar 5. Memilih Jenis Turbin Berdasarkan Hubungan Head dan Debit Air

3.5. Perhitungan Potensi Daya Listrik Teoritik (P_{in})

Efisiensi turbin diberikan rentang 10 % - 80%. Pada penelitian ini, peneliti membatasi maksimum 80%, hal ini dikarenakan tidak mungkin suatu alat memiliki daya output 100%. Dan batas minimum daya output nya ditetapkan sebesar 10%, tidak 0% karena jika output nya 0% berarti alat PLTMH tidak dapat bekerja dengan baik atau bahkan rusak.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (7)$$

Untuk Perhitungan efisiensi minimum yang ditetapkan 10%, sehingga untuk besar daya input minimum yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\eta_{teoritik} = \frac{P_{min}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$10 \% = \frac{P_{min}}{124,63 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$P_{min} = 124,63 \text{ kW} \times 10 \%$$

$$P_{min} = 12,463 \text{ kW} \approx 12,46 \text{ kW}$$

Dan untuk besar daya input maksimumnya :

$$\eta_{\text{teoritik}} = \frac{P_{\text{maks}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \%$$

$$80 \% = \frac{P_{\text{maks}}}{124,63 \text{ kW}} \times 100 \%$$

$$P_{\text{min}} = 124,63 \text{ kW} \times 80 \%$$

$$P_{\text{min}} = 99,704 \text{ kW} \approx 99,7 \text{ kW}$$

3.6. Efisiensi Alat Daya PLTMH

Data Arus (I) dan Tegangan (V) didapat dengan menggunakan alat Multimeter dan Amperemeter, pengukuran untuk mendapatkan efisiensi alat dilakukan sebanyak 5x pengukuran di waktu yang berbeda.

Untuk menghitung energi Listrik dapat dicari dengan rumus :

$$P_{\text{Listrik}} = V \times I \quad (8)$$

Untuk efisiensi alat dapat dicari dengan rumus :

$$\eta_{\text{alat}} = \frac{P_{\text{out real}}}{P_{\text{in teoritik}}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

$$P_{\text{out Real}} = 14,4 \text{ kW}$$

Hasil Pengukuran Efisiensi Alat Daya

1. Pukul 10.00 WIB

Tabel 7. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 1

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
I_R	3,4	229,7	0,78
I_S	0,7	227,9	0,16
I_T	0,3	227,3	0,07
JUMLAH			1,01

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 8. Data Efisiensi Pengukuran 1

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,01 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	7,00%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Pada pengukuran pertama, didapat efisiensi alat daya PLTMH sebesar 7%. Nilai ini sangatlah jauh dari nilai minimum teoritik yaitu 10% sehingga peneliti melakukan pengukuran kembali di jam yang berbeda untuk mendapatkan nilai efisiensi yang maksimal.

2. Pukul 13.00 WIB

Tabel 9. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 2

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
I_R	4,6	230,1	1,06
I_S	1,2	228,4	0,28
I_T	0,6	227,9	0,14
JUMLAH			1,49

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 10. Data Efisiensi Pengukuran 2

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,49 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	10,31%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

3. Pukul 16.00 WIB

Tabel 11. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 3

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	4,9	230,3	1,12
<i>IS</i>	1,6	228,8	0,36
<i>IT</i>	0,7	228,2	0,16
JUMLAH			1,64

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 12. Data Efisiensi Pengukuran 3

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,64 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	11,41%	80%

Sumber : Analisis, 2023

4. Pukul 17.30 WIB

Tabel 13. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 4

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	5,5	231,3	1,27
<i>IS</i>	1,8	229,6	0,42
<i>IT</i>	0,9	229,2	0,21
JUMLAH			1,89

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 14. Data Efisiensi Pengukuran 4

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	1,89 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	13,12%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

5. Pukul 19.00 WIB

Tabel 15. Data Pengukuran Arus dan Tegangan 5

Keterangan	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Real (kw)
<i>IR</i>	6,8	231,6	1,58
<i>IS</i>	1,9	229,9	0,44
<i>IT</i>	2,6	229,4	0,60
JUMLAH			2,62

Sumber : Hasil Pengukuran, 2023

Tabel 16. Data Efisiensi Pengukuran 5

Keterangan	Minimum Teoritik	Alat	Maksimum Teoritik
Daya Listrik (P)	12,46 kW	2,62 kW	99,7 kW
Efisiensi (η)	10%	18,22%	80%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Besar potensi daya listrik minimum teoritik yang dihasilkan dari perhitungan debit air adalah sebesar 12,46 kW, sedangkan daya maksimum nya adalah 99,7 Kw. Pada alat yang ada dilapangan besar daya

yang dihasilkan terbesar ada pada pukul 19.00 WIB sebesar 2,62 kW.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap PLTMH di Dusun Rinjing, Desa Gununglurah, Kec.Cilongok, Kab.Banyumas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan hasil analisis turbin *Crossflow*, dapat peneliti simpulkan bahwa dari data perancangan menunjukkan Sungai Pengaji yang memiliki debit aliran (Q) 0,3975 m³/s dan *Head* efektif 31,96 m, dengan diameter dalam pipa 0,88 m, serta panjang pipa 39,20 m dapat menghasilkan daya turbin *Crossflow* sebesar 105,93 kW dengan efisiensi turbin *Crossflow* tertinggi didapat 18,22%. Sementara itu total *losses* yang terjadi akibat rugi-rugi aliran dari analisis turbin *Crossflow* adalah 0,043 m.

Berdasarkan hasil analisis turbin air dengan efisiensi tertinggi 18,22% dengan potensi Sungai Pengaji dapat menghasilkan daya listrik 105,93 kW. Maka daya ini jika digunakan untuk 20 rumah maka setiap rumah mendapat pasokan listrik sebesar 5,30 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aida, S., Sahrul, S., Lety, T., & Tahdid, T. (2019). Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit Dan Arah Aliran Pada Alat. *Prosiding SENIATI*, 5(4), 118-122.
- [2] Almanda, D., & Kartono, R. (2020). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Sistem Distribusi Air di PT Astra Honda Motor Plant 5 Karawang. *RESISTOR (Elekteonika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 3(1), 1-8.
- [3] Asri, A. (2021). Kapasitas daya pembangkit listrik tenaga mikrohidro di alue dua Aceh Utara (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- [4] Banyumas, S. (2019). Warga Dusun Perbukitan Cilongok Masih Jaga PLTMH - Suara Banyumas. Retrieved 4 June 2023, from <https://suarabanyumas.com/warga-dusun-perbukitan-cilongok-masih-jaga-pltmh/>
- [5] Citranatha, I. G. N. A., Jasa, L., & Suartika, I. M. (2022). ANALISIS DAYA OUTPUT GENERATOR BERDASARKAN VARIASI DEBIT AIR PADA PROTOTYPE PLTMH DENGAN TURBIN VORTEX. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 9(3).
- [6] Christiawan, D., Jasa, L., & Sudarmojo, Y. P. (2017). Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Terhadap Putaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 104-111.
- [7] Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- [8] Koehuan, V. A., & Sampealo, A. (2015). Analisis Desain Turbin Air Tipe Aliran Silang (Crossflow) dan Aplikasinya di Desa Were I Kabupaten Ngada-NTT. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 2(1), 1-8.
- [9] Maridjo, M. (2020). Studi Perencanaan Turbin Air PLTMH di Sungai Cilaki. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 29-35.
- [10] Maruf Al Bawani, A., & Sudarti, S. (2022). Analisis Kelemahan dan Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2), 99-104.
- [11] Nurdin, N. (2017). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Pembuatan Kolam Tando Studi Kasus Sungai Way Kunyir Menggunakan Jenis Turbin Crossflow. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 4(2).
- [12] Penche1998, C. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.
- [13] Ranald V.Giles, B.S., M.S. in C.E (1984). Teori dan Soal-Soal Mekanika Fluida dan Hidraulika, Edisi ke 2, (Diterjemahkan oleh: Ir.Herman Widodo Soemitro), Jakarta, Erlangga.
- [14] Syarif, A. (2017). Rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh) turbin pelton. *Kinetika*, 8(2), 1-6.
- [15] Setiawan, E., Sujana, I., & Ivanto, M. (2021). Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Mengetahui Efisiensi Turbin Pada Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 2(2), 90-96.
- [16] Sulistiyono, S., Sugiri, A., & Risano, A. Y. E. (2013). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Propinsi Lampung (Doctoral dissertation, Lampung University).
- [17] Supratmanto, D. (2016). Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).
- [18] Valuby, A. H., Shalahuddin, Y., Yumono, F., & Rizal, R. F. (2022). Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Informatika dan Elektro*, 4(2), 100-111.
- [19] Wahyudi, S., Cahyadi, D. N., & Purnami, P. (2012). Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(2), 337-342.
- [20] Wijaya, R. K. (2017). Simulasi Mulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Turbin Pelton Ditinjau Dari Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- [21] Yandri, V. R. (2015). Pemilihan Tipe Generator Yang Cocok Untuk PLTMH Desa Guo, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 25-28.
- [22] Jim, M. (2011). Technical Note: Friction Factor Diagrams for Pipe Flow. Dublin Institute of Technology.
- [23] Zuffa, A. & Herta, N. (1984). Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTMH, Edisi ke 1, Yogyakarta, Bintang Pustaka Madani.