



## PENGARUH DIAMETER *PENSTOCK* TERHADAP DEBIT PADA PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Siti Nuraeni<sup>1</sup>, Agus Adi Nursalim<sup>1</sup>, Fikri Ulul Albab<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Al-Ihya Kuningan  
Jl. Mayasih No.11, Cigugur, Kec. Cigugur, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat

E-mail : [nuraenis475@gmail.com](mailto:nuraenis475@gmail.com), [adi\\_nursalim@yahoo.com](mailto:adi_nursalim@yahoo.com),  
[fikriululalbab01@gmail.com](mailto:fikriululalbab01@gmail.com)

### Abstract

*This research aims to compare the diameters of penstocks used in relation to the flow discharge, the influence of penstock diameter on flow discharge, and the efficiency of the generator produced by a microhydro power plant prototype. The method used is quantitative experimental method by testing the effects of diameters 1/2', 3/4', 1', 1.5', and 2' on the flow discharge of the microhydro power plant prototype. The results of the research show that the variation in penstock diameter significantly affects the resulting flow discharge. Larger penstock diameter produces higher flow discharge. The penstock diameter contributes 44% to the variation in flow discharge, while 56% is influenced by other factors. The optimal penstock diameter that yields the highest flow discharge is 2', with a discharge of 0.3500 L/s and an average turbine speed of 578.6 RPM. Additionally, the 2' penstock diameter also achieves the most optimal generator efficiency of 20.08% compared to other penstock diameters. This research provides important insights for the development of microhydro power plants to improve their efficiency and performance.*

**Keywords:** Penstock, Flow discharge, Generator efficiency.

### PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan penting dan sangat berperan untuk menunjang kehidupan sehari manusia adalah listrik. Kenaikan mutu hidup masyarakat bisa dipengaruhi oleh merata nya ketersediaan listrik. Dibutuhkan teknologi terbarukan sebagai penghasil energi listrik alternatif, salah satunya dengan memanfaatkan ketersediaan air yang melimpah. Air sendiri merupakan elemen yang memenuhi permukaan bumi hingga 70%, sehingga sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi salah satu alternatif pengganti fosil untuk kebutuhan listrik (Nelson Augustone, 2020).

Potensi air dapat ditingkatkan menjadi pembangkit listrik Air (PLTA) sedangkan air skala menengah dan kecil dapat dikembangkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH adalah salah satu jenis energi terbarukan yang menggunakan energi air untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerja mikrohidro adalah memanfaatkan beda ketinggian atau sudut kemiringan dan jumlah debit air per detik yang ada pada saluran irigasi, sungai, serta air terjun (Iqball & Pratiwi, 2021).

Energi listrik yang dihasilkan PLTMH semakin banyak bergantung pada kapasitas dan ketinggian aliran yang semakin besar. Namun demikian, kapasitas aliran dan ketinggian aliran yang besar jika tidak didukung oleh desain *penstock* yang optimal, maka kehilangan energi yang dihasilkan juga akan tinggi (Pratama et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik dan melakukan penelitian tentang pengaruh diameter *penstock* terhadap debit menggunakan *prototipe* PLTMH untuk menentukan seberapa besar pengaruh dari perubahan diameter *penstock* pada debit.

b. Turbin Pelton yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 Turbin Pelton

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat Penelitian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini bertempat di Hexatuning, Dusun Pahing RT/RW. 12/03 Desa Mekarwangi Kecamatan Lebakwangi, Kabupaten Kuningan.

### Waktu

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, dimulai pada bulan Maret 2023 hingga Agustus 2023.

### Metode

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh diameter *penstock* terhadap debit aliran pada *prototipe* PLTMH dengan metode kuantitatif eksperimen. Debit aliran diukur sebagai variabel terikat dan diameter *penstock* digunakan sebagai variabel bebas. Data numerik yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisis pengaruhnya pada hasil debit aliran.

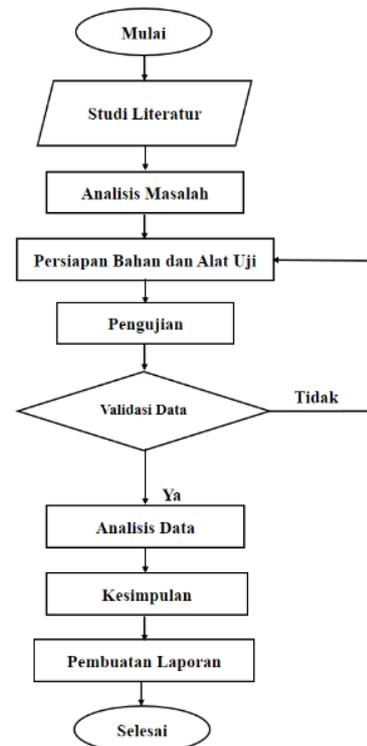
### Alat dan Bahan

a. *Prototipe* PLTMH dengan spesifikasi yang ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi *Prototipe*

Jenis Turbin	Turbin Pelton
Titik Jatuh Air	1,5 Meter
Kapasitas Penampung Air	80 Liter
Diameter <i>Penstock</i>	1 Inchi
Perkiraan Tegangan Maksimal Generator	12-48 Volt

### Prosedur Penelitian



Gambar 2 Flowchart Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### 1. Daya Hidrolis

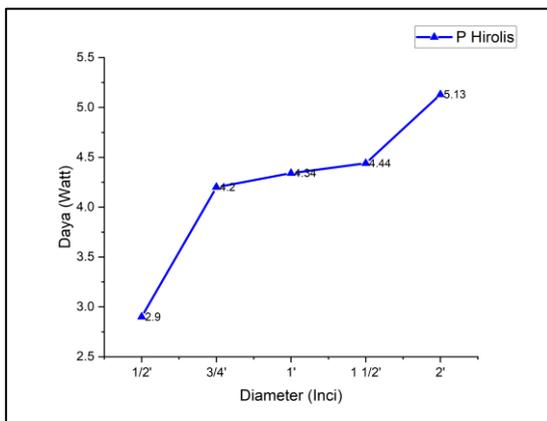
Penggunaan diameter yang berbeda memberikan hasil debit yang bervariasi sehingga mempengaruhi daya yang dihasilkan. Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan data yang ditunjukkan oleh tabel 2.

**Tabel 2** Debit yang dihasilkan

Diameter (Inci)	Debit (Q)	Densitas Air ( $\rho$ )	Gravitasi (g)	Tinggi Jatuh air (H)	Daya (Watt)
½'	0.00020	997	9.8	1.5	2.90
¾'	0.00029				4.20
1'	0.00030				4.34
1 ½'	0.00030				4.44
2'	0.00035				5.13

Debit optimal yang didapatkan yaitu sebesar 0.0035 m<sup>3</sup>/s pada *penstock* berdiameter 2'. Kemudian pada *penstock* berdiameter ½', ¾', 1' dan 1,5' memiliki debit rata-rata yang lebih kecil dibandingkan dengan *penstock* berdiameter 2'. Dari hasil penelitian tersebut dapat diamati peningkatan ukuran diameter *penstock* akan mempengaruhi besar debit yang dihasilkan. Besar nya debit yang dihasilkan akan berpengaruh juga terhadap daya.

Dari data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui daya hidrolis yang dihasilkan secara visualisasi pada gambar 3.



**Gambar 3** Daya yang dibangkitkan

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya hidrolis yang dihasilkan ketika diameter *penstock* bertambah besar. Dimana dengan menggunakan *penstock* berdiameter ½' mendapatkan daya rata-rata sebesar 2.9 watt, *penstock* berdiameter ¾' mendapatkan daya rata-rata sebesar 4.2 watt, *penstock* berdiameter 1' mendapatkan daya sebesar 4.34 watt, *penstock* diameter 1,5' mendapatkan daya sebesar 4.44 watt dan debit paling optimal didapatkan dengan menggunakan *penstock* berdiameter 2' dengan daya sebesar 5.13. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan

diameter yang lebih besar daya yang dihasilkan juga meningkat (Suyono et al., 2018).

## 2. Daya Listrik

Daya hidrolis yang dihasilkan tersebut digunakan untuk memutar turbin dengan kontruksi yang terhubung dengan generator listrik DC sehingga menghasilkan energi listrik dengan data output yang ditunjukkan pada tabel 3

**Tabel 3** Data output listrik

DIAMETER (Inci)	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (Watt)
1/2'	7.12	0.016	0.11
3/4'	7.74	0.019	0.15
1'	10.11	0.029	0.29
1 1/2'	10.5	0.032	0.34
2'	13.07	0.079	1.03

Berdasarkan data diatas menunjukkan hasil yang berbanding lurus dengan kenaikan diameter *penstock*. Daya listrik yang dihasilkan mengalami kenaikan ketika diameter *penstock* mengalami kenaikan ukuran diameter *penstock* sehingga semakin besar diameter *penstock* maka daya listrik yang dihasilkan juga semakin besar. Daya listrik optimal didapatkan sebesar 1.03 watt dengan menggunakan *penstock* berdiameter 2'.

## 3. Efisiensi

Nilai efisiensi tersebut dihitung dengan menggunakan menggunakan perbandingan daya listrik dan daya hidrolis sebagai berikut.

$$\eta = \frac{DL}{DH} \times 100$$

Efisiensi yang didapatkan ditunjukkan oleh tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 4** Efisiensi

DIAMETER (Inci)	DL	DH	$\eta$ (%)
½'	0.11	2.90	3.79
¾'	0.15	4.20	3.57
1'	0.29	4.34	6.68
1 ½'	0.34	4.44	7.66
2'	1.03	5.13	20.08

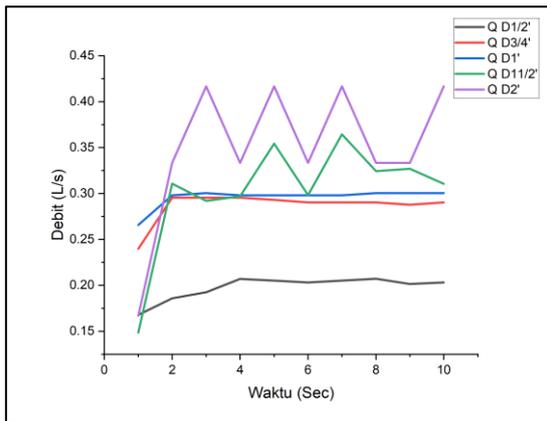
Efisiensi yang didapatkan dalam penelitian ini relatif kecil dimana efisiensi pada diameter ½' sebesar 3.79%, pada diameter ¾' sebesar 3.57%, pada diameter 1' sebesar 6.68%, pada diameter 1.5' sebesar

7.66% dan efisiensi paling optimal didapatkan pada diameter *penstock* 2' sebesar 20.08%.

## Pembahasan

### 1. Perbandingan diameter *penstock* terhadap debit

Hasil pengujian yang dilakukan pada diameter *penstock* ½', ¾', 1', 1.5' dan 2' menunjukkan perbedaan sebagai berikut.



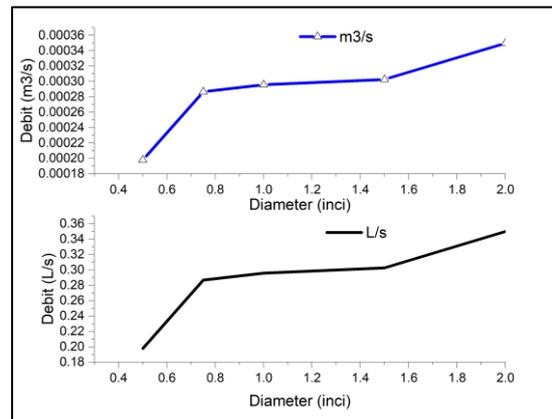
**Gambar 4** Perbandingan *penstock* terhadap debit

Grafik yang disajikan merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan pada masing-masing *penstock* yang digunakan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *penstock* berdiameter 2' menghasilkan debit yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran *penstock* lainnya. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sari, Putra, & Hassanudin, 2022). Penelitian tersebut menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk mempelajari perilaku aliran fluida dalam *penstock*. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan adanya perbedaan dalam kecepatan aliran, debit, dan volume yang dihasilkan berdasarkan ukuran diameter *penstock*.

### 2. Pengaruh diameter *penstock* terhadap debit

Analisis regresi menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara perubahan diameter *penstock* dan debit yang dihasilkan oleh *prototipe* PLTMH. Pengaruh diameter *penstock* terhadap debit air mencapai 44%, sedangkan 56% sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti mekanisme turbin

dan generator, hambatan yang terjadi pada aliran, perhitungan *head loss minor* dan *major* serta perhitungan rugi-rugi yang tidak termasuk dalam penelitian ini. Untuk memberikan dukungan tambahan terhadap temuan ini, disajikan sebuah grafik pada gambar 5 yang menunjukkan pengaruh dari perubahan diameter *penstock*.

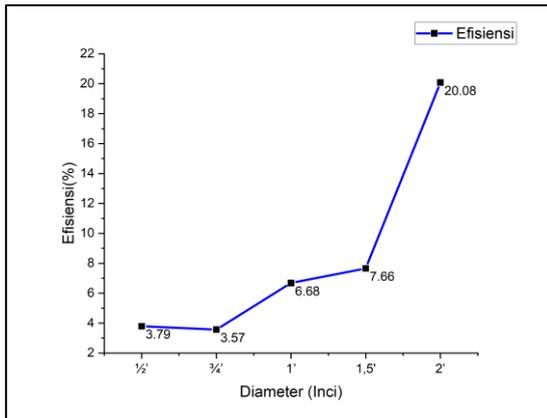


**Gambar 5** Pengaruh diameter *penstock*

Grafik tersebut dibagi menjadi dua bagian yang menampilkan debit rata-rata output dari mikrokontroler. Satuan yang digunakan dalam grafik adalah liter per detik (L/s), namun kemudian dikonversi ke satuan sistem internasional (SI) yaitu meter kubik per detik (m<sup>3</sup>/s). Grafik tersebut memberikan visualisasi yang memperlihatkan bagaimana perubahan diameter *penstock* berdampak pada debit air yang dihasilkan oleh *prototipe* PLTMH.

### 3. Efisiensi generator pada *prototipe* PLTMH

Mengukur efisiensi generator penting untuk mengevaluasi kinerja generator dan memastikan bahwa energi mekanik diubah menjadi energi listrik dengan efisien. Efisiensi yang tinggi menunjukkan penggunaan sumber daya yang optimal dan pengurangan kerugian energi. Hal ini membantu dalam pemilihan generator yang sesuai untuk kebutuhan spesifik, mengoptimalkan penggunaan energi, dan merencanakan kapasitas sistem tenaga listrik. Selain itu, efisiensi generator juga berperan dalam pengembangan standar dan regulasi terkait energi, yang bertujuan untuk memastikan generator memenuhi tingkat efisiensi minimum dan mengurangi dampak lingkungan negatif.



**Gambar 6** Efisiensi yang dihasilkan

Pada penelitian yang dilakukan menunjukkan persentase efisiensi generator yang dimiliki oleh *prototipe* PLTMH berdasarkan diameter yang dimiliki. Menurut standar sistem pembangkitan yang ditetapkan dalam penelitian (Murni & Suryanto, 2020) menunjukkan bahwa efisiensi generator tidak mencapai kisaran 70-90%, yang merupakan kategori efisiensi yang dianggap baik. Nilai efisiensi yang paling optimal yang ditemukan adalah sebesar 20.08%, yang dimiliki oleh *penstock* dengan diameter 2'. Sementara itu, *penstock* dengan diameter kurang dari 2' memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah. Beberapa faktor dapat menyebabkan efisiensi yang rendah, seperti penurunan kinerja generator, penyumbatan yang mengganggu aliran dalam *penstock*, pembebanan pada turbin yang menghambat putaran maksimal turbin (Kurniasari, handajadi, & Hani, 2017) dan faktor lain yang mempengaruhi, seperti headloss mayor dan minor yang tidak dihitung dalam penelitian ini.

### Kesimpulan

Penelitian dilakukan untuk menguji perubahan diameter *penstock* terhadap debit pada *prototipe* PLTMH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata debit yang dihasilkan dengan variasi diameter *penstock*. Diameter *penstock* memiliki pengaruh signifikan terhadap debit yang dihasilkan, sebesar 43.6%. Debit optimal terjadi pada penggunaan *penstock* berdiameter 2', dengan debit sebesar 0.3500 L/s dan kecepatan turbin rata-rata 578.6 RPM. Semakin besar diameter *penstock*, maka

semakin besar debit yang dihasilkan. Efisiensi optimal yang diperoleh sebesar 20.8%, yang dicapai dengan penggunaan *penstock* berdiameter 2'. *Penstock* ini menghasilkan daya masukan pada turbin sebesar 5.13 watt dan daya listrik maksimal sebesar 1.03 watt.

### Bibliografi

- Iqball, M., & Pratiwi, G. F. (2021). Rancangan Pemodelan *Prototipe* Pembangkit Listrik Tenaga Listrik Microhydro (PLTMH). *Jurnal Tera*, 1(2), 139–154.
- Nelson Augustone, P. P. (2020). Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong Sebagai Sumber Energi Terbarukan Melalui Pltmh. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.37253/jcep.v1i1.714>
- Pratama, A. D., Hidayah, E., Utami, R., & Wiyono, A. (2021). *Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng*, *Jember Determination of the Optimum Penstock Design for a Micro-Hydro Power*. 12(1), 71–80.
- Suyono, T., Latief, L. A., Umar, K., & Putra Siko, F. (2018). *Journal of Science and Engineering*. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/josae>
- Kurniasari, B., handajadi, W., & Hani, S. (2017). *ANALISA EFISIENSI TURBIN GENERATOR BERDASARKAN KUALITAS DAYA PADA*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND.
- Murni, S. S., & Suryanto, A. (2020, Desember). ANALISIS EFISIENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan). *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, Vol. 1, No. 2.
- Sari, Putra, Y. S., & Hassanudin. (2022). Studi Aliran Air dalam Pipa *Penstock* pada Sistem Mikrohidro dengan. *PRISMA FISIKA*, 304-314.