

ANALISA PENGARUH SUDUT PENSTOCK TERHADAP DAYA KELUARAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) LEMBAH KEMUNING KAB. MALANG

Al Muzammil¹. Nur Robbi². Mochammad Basjir³

¹Universitas Islam Malang.

email: 21701052039@unisma.ac.id

²Universitas Islam Malang.

email: nurrobby@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang.

email: m.basjir@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan pembangkit listrik lainnya. Ramah lingkungan, tidak mengonsumsi air, memiliki daya tahan tinggi (masa pakai lama), biaya pengoperasian rendah, dan cocok untuk daerah terpencil. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang terletak di Kecamatan Lembah Kemuning, Pakis, Kabupaten Malang. Jangka waktu pelaksanaan penelitian ini adalah 6 bulan terhitung sejak usulan ini disetujui hingga penelitian selesai. Setelah head tersedia dan laju aliran air telah ditentukan. Panjang pipa pesat atau pipa *penstock* 50m jenis pipa PVC memiliki diameter 0.267m dan koefisien kekasaran 0.00256 dengan sudut 30° dan 70° dan perhitungan dimulai untuk menentukan kehilangan energi dan debit efektif dalam pipa untuk desain awal. Dari perhitungan kehilangan energi dan laju aliran efektif pipa ini, head efektif dihitung dengan head tersedia atau laju aliran dengan pengalihan dan pengurangan kehilangan tekanan sepanjang pipa, kemudian dihitung desain kedua dengan perhitungan. Kehilangan energi dan tekanan juga valid. Kerugian *head loss* Kerugian energi di lengkungan pipa pertama sudut 70° adalah 0.8 meter. Kerugian energi di lengkungan pipa kedua dengan sudut 30° adalah 0.53m. Karena jumlah putaran jaringan pipa rapid transit mempunyai pengaruh yang besar terhadap daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH), khususnya generator, maka kehilangan energi akibat sudut kelengkungan jalur rapid transit mempunyai pengaruh yang cukup besar. Menunjukkan bahwa semakin besar sudut lentur pipa berkecepatan tinggi maka semakin besar pula kehilangan energi.

Kata Kunci: PLTMH, *Head Loss*, Pipa *Penstock*, Lembah Kemuning, Aliran Air, Pembangkit Listrik

ABSTRACT

Micro Hydro Power Plants (PLTMH) have several advantages over other power plants. It is environmentally friendly, does not consume water, has high durability (long service life), low operating costs, and is suitable for remote areas of Micro Hydro Power Plants (PLTMH) located in Lembah Kemuning District.. Malang Regency. The period of implementation of this research is 6 months from the time this proposal is approved until the research is completed. Once the head is available and the water flow rate has been determined, the length of the rapid pipe or 50m penstock pipe type PVC pipe has a diameter of 0.267m and a coarseness coefficient of 0.00256 with an angle of 30° and 70° and calculations are initiated to determine the effective energy loss and discharge in the pipeline for the initial design. From the calculation of the energy loss and the effective flow rate of this pipe, the effective head is calculated by the available head or the flow rate by diversion and reduction of pressure loss along the pipe, then the second design is calculated by the calculation. Loss of energy and stress is also valid. Head loss Loss Energy loss in the first pipe arc at an angle of 70° is 0.8 meters. Energy loss in the second pipe arc with an angle of 30° is 0.53m. Because the number of turns of the rapid transit pipeline network has a large influence on the power generated by micro hydro power plants (PLTMH), especially generators, energy loss due to the curvature angle of the rapid transit line has a considerable influence. It shows that the larger the bending angle of the high-speed pipe, the greater the energy loss.

Keyword : PLTMH, *Head Loss*, *Penstock Pipe*, Kemuning Valley, Water Flow, Power Plants

PENDAHULUAN

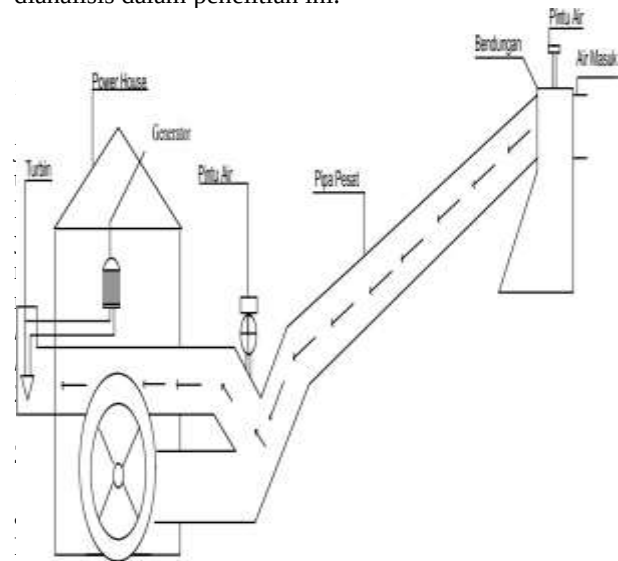
Di Listrik merupakan suatu kebutuhan yang memegang peranan sangat penting dalam kehidupan manusia[1][2]. Jika listrik tersedia dalam jumlah yang cukup di suatu desa, maka akan meningkatkan kualitas hidup masyarakat[3][4]. Inisiatif ini akan membantu menciptakan teknologi yang sesuai dan dapat langsung digunakan oleh masyarakat lokal untuk memenuhi kebutuhan listrik mereka[5][6]. Termasuk antara lain pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) energi baru terbarukan[7]. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan pembangkit listrik lainnya. Ramah lingkungan, tidak mengkonsumsi air, memiliki daya tahan tinggi (masa pakai lama)[8], biaya pengoperasian rendah, dan cocok untuk daerah terpencil. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang terletak di Kecamatan Lembah Kemuning perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menganalisis potensi permasalahan yang terjadi pada pembangkit listrik tenaga air kecil (PLTMH)[9].

Salah satu penyebab kekurangan listrik dan energi dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah berkurangnya laju aliran air akibat perubahan arah, tikungan[10][11], dan luas penampang pipa. Pipa bertekanan (quick pipe) merupakan saluran penghubung antara kolam destilasi dengan turbin pada pembangkit listrik[12][13]. Pada jaringan pipa penstock PLTMH pasti terdapat perbedaan ketidakrataan permukaan tanah yang menyebabkan terjadinya lengkungan pada desain penstock dan akibatnya terjadi perubahan tekanan air yang mengalir melaluinya. Mengubah sudut rotasi akan mengubah *head* loss dan penurunan tekanan[14]. Semakin besar sudut rotasi, semakin besar *head* loss dan pressure loss[15].

Penelitian lain telah menyelidiki perubahan pressure *head* dengan sudut lentur 90° dan 45°. Penelitian ini membahas tentang pressure drop atau *head* loss yang merupakan fenomena hilangnya aliran pada sistem perpipaan. Kehilangan tekanan mempunyai pengaruh yang sangat negatif terhadap aliran fluida pada sistem perpipaan karena dapat menurunkan efisiensi aliran fluida. Pada dasarnya *head* loss yang terjadi dapat dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu kerugian kecil dan kerugian besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya *head* loss dengan sudut lentur dan nilai pressure drop pada tikungan 90° dan 45°. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan fluida melalui serangkaian tabung (alat gesek fluida) yang mengalami pembengkokan 90° dan 45°. Gunakan rumus kerugian besar dan kecil untuk mencari nilai perubahan *head*[16].

METODE

Metode eksperiment langsung pada penelitian ini dipilih untuk mengetahui pengaruh sudut *penstock* untuk *output* daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Lembahh Kemuning, Pakis, Kab Malang. *Head* efektif dan Daya Keluaran Generator akan dianalisis dalam penelitian ini.



Gambar 1. Desain Pipa Penstock

Tabel 1. Data Kecepatan Aliran Air

Titik pengukur an	Kedalaman air (D) (m)	Kecepatan aliran air (V) (m/s)
A	0.14	2.90
B	0.19	2.41
C	0.22	3.05
D	0.2	2.70
E	0.19	2.46
Rata-rata	0.188	2.70

Setelah mendapatkan hasil pengukuran kecepatan aliran di setiap titik kedalaman sungai, maka selanjutnya mencari rata-rata kecepatan aliran air yang adapada sungai PLTMH Lembahh Kemuning kab. Malang, sebagai berikut:

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{n}$$

$$V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5}{5}$$

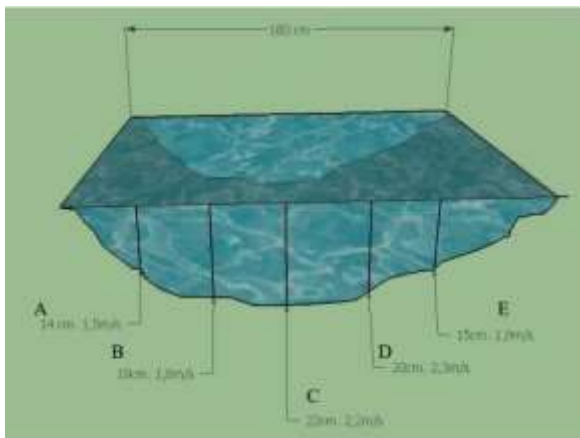
$$V = \frac{2.90 + 2.41 + 3.05 + 2.70 + 2.46}{5}$$

$$V = 2.70 \text{ m/s}$$

Panjang pipa pesat atau pipa *penstock* 50m jenis pipa PVC memiliki diameter 0.267m dan koefisien kekasaran 0.00256 dengan sudut 30°. dan 70°



Gambar 2. Pipa Pesat PLTMH Lembah Kemuning Kab. Malang



Gambar 3. Desain Pipa *Penstock*

Tabel 2. Spesifikasi Komponen PLTMH

Uraian	Bilangan	Satuan
G (Gravitasi)	9.8	m/s
Q (Debit Air)	0.11124	m ³ /s
H ₁ (Tinggi Efektif)	2.5	meter
H ₂ (Tinggi Efektif)	4.01	meter
η _P (Efisiensi Pipa)	9.8	
η _T (Efisiensi Turbin)	75 %	

η _G (Efisiensi Generator)	75 % hingga 80 %
---	------------------

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kecepatan Aliran Air Dalam Pipa

Debit air Q= 0.11124 m³/s dengan persamaan berikut:

$$v = \left(\frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi D^2} \right)$$

$$v = \left(\frac{0.11124}{\frac{1}{4} \cdot 3.14 \times 0.11145^2} \right)$$

$$V = 0.412 \text{ m}^2$$

2. Head Minor Losses Pada Desain Pertama

$$K = \left[0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2 \times R} \right)^{3.5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0.5} \right]$$

$$K = \left[0.131 + 1.847 \left(\frac{0.267}{2 \times 0.55} \right)^{3.5} \left(\frac{70}{90} \right)^{0.5} \right]$$

$$K = 0.144 \times 0.88$$

$$K = 0.126$$

Kehilangan Energi Akibat Lengkungan adalah

$$H_{minor} = K \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$H_{minor} = 0.126 \times \frac{11.4^2}{2 \times 9.8}$$

$$H_{Minor} = 0.8 \text{ m}$$

Kerugian energi di lengkungan pipa pertama adalah 0.8 meter

3. Head Minor Losses Pada Desain Kedua

$$K = \left[0.131 + 1.847 \left(\frac{D}{2 \times R} \right)^{3.5} \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0.5} \right]$$

$$K = \left[0.131 + 1.847 \left(\frac{0.267}{2 \times 0.55} \right)^{3.5} \left(\frac{30}{90} \right)^{0.5} \right]$$

$$K = 0.144 \times 0.57$$

$$K = 0.08$$

Kehilangan Energi Akibat Lengkungan adalah

$$H_{minor} = K \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$H_{minor} = 0.08 \times \frac{11.4^2}{2 \times 9.8}$$

$$H_{Minor} = 0.53 \text{ m}$$

Kerugian energi di lengkungan pipa kedua adalah 0.53m

Dalam perhitungan kerugian kehilangan energi pada lengkungan pipa dengan sudut 30° didapatkan yaitu 0.70 m. Selanjutnya menentukan kehilangan total dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_{total} = H_{Mayor} + H_{Minor}$$

$$H_{total} = 3.19 \text{ m} + 0.53 \text{ m}$$

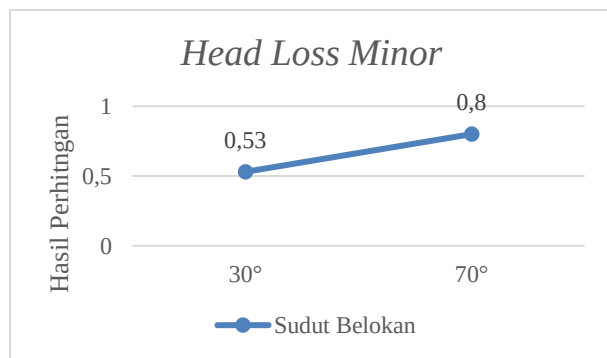
$$H_{total} = 3.72 \text{ m}$$

Jadi tinggi jatuh air efektif yang tersedia dengan tinggi total 7.73 m dapat dihitung dengan persamaan

$$H_{efektif} = H - H_{total}$$

$$H_{efektif} = 7.73 \text{ m} - 3.72 \text{ m}$$

$$H_{efektif} = 4.01 \text{ m}$$



Gambar 4. Grafik Perbandingan Head Loss Minor

Karena jumlah putaran jaringan pipa rapid transit mempunyai pengaruh yang besar terhadap daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). khususnya generator. maka kehilangan energi akibat sudut kelengkungan jalur rapid transit mempunyai pengaruh yang cukup besar. Digunakan oleh tanaman. Menunjukkan bahwa semakin besar sudut lentur pipa berkecepatan tinggi maka semakin besar pula kehilangan energi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PLTMH Lembah Kemuning. Kabupaten Malang. Untuk menentukan head total pada penelitian ini, membandingkan dua desain. desain pertama adalah desain tabung tekanan PLTMH Kabupaten Lembah Kemuning. Maran ini mempunyai salah satu sudut dengan nilai sudut 70° . Oleh karena itu. hasil head minor dijumlahkan di antara sudut-sudutnya. Desain kedua hanya memiliki satu sudut kelengkungan dengan nilai sudut 30° yang juga menentukan head minor. Pada rancangan pertama ditentukan nilai ketinggian jatuh efektif sebesar 2.5 m. Pada draft kedua. nilai head efektif adalah 4.01 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Bing, D. Rohi, and J. S. Setiadji, "Studi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Daya 27 kW di Desa Karangsono, Malang," pp. 1–4.
- [2] Y. Z. Devi, A. W. Harto, R. Budiarto, and N. Trihastuti, "Potential Analysis of Ex-Coal Mining Land As Pumped Storage Hydro Powerplant in Kutai Kartanegara, East Kalimantan," *E3S Web Conf.*, vol. 42, pp. 2014–2019, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20184201009.
- [3] R. Mulyadi, M. Effendy, I. Pakaya, and Zulfatman, "Analysis of integration flow control valve and electronic load controller for micro hydro power plant frequency regulation," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 403, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012039.
- [4] Y. Sulis, M. Fadwah, Q. Munzir, and S. K. Koos, "A cross-flow Type Design of 5 kW Micro Hydro Power Plant for Rural Area in West Java," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1179, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1179/1/012119.
- [5] D. Adanta, Budiarto, Warjito, and T. M. I. Mahlia, "Investigation of the effect of gaps between the blades of open flume Pico hydro turbine runners," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 13, no. 3, pp. 5493–5512, 2019, doi: 10.15282/jmes.13.3.2019.18.0444.
- [6] Y. Sutopo and K. S. Utomo, "Maximum Control Water Level (CWL) Jatibarang Dam to Avoid The Possibility of Overtopping Due to Flood 100 Years," *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 21, no. May 2014, pp. 110–119, 2019, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/nju/jtsp/article/view/20507>
- [7] Z. Pane, S. Suherman, and R. Sipahutar, "Distributed Generators Presence Impact to the Overall System Performance," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 434, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012215.
- [8] I. Sriyana, "Evaluation of Micro Hydro Power Plants in Central Java toward Sustainability against Hydrology Condition of Watershed," *E3S Web Conf.*, vol. 73, no. 2018, pp. 0–5, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20187301017.
- [9] H. Wandono and U. Diponegoro, "GOVERNMENT POLICY AND THE ROLE OF COMMUNITY TO SUSTAINABLE ENERGY IN INDONESIA - Review GOVERNMENT POLICY AND THE ROLE OF COMMUNITY TO," no. October, 2018.
- [10] A. Zukhrufiyati, J. Triyono, S. Ginting, and E. W. Irianto, "Determination of Dependable Flow for Microhydro Power Plant in Irrigation Network," no. September, pp. 1–7, 2019.

- [11] M. Akbar, A. S. P. Tarigan, and S. Aryza, "Hydropower As the Main Source of Electricity in Southeast Aceh," vol. 10, no. 3, pp. 538–544, 2022.
- [12] D. S. H. Saputro and Y. A. Donny Fernandez, "Journal of mechanical engineering education," *J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–18, 2016.
- [13] A. Riandy, A. D. Rarasati, and L. S. Riantini, "Analysis of Institutional Aspects of Operation and Maintenance of Micro Hydro Power Plant Case Study in Sumba Island-NTT," ... *Int. Conf. ...*, vol. 4, no. February, pp. 276–281, 2021, [Online]. Available: <http://sunankalijaga.org/prosiding/index.php/icse/article/view/671%0Ahttps://sunankalijaga.org/prosiding/index.php/icse/article/download/671/639>
- [14] A. Suryadi, M. Eriyadi, D. Usman, Y. M. Hamdani, and S. C. Abadi, "Design of a prime mover turbine propeller open flume micro-hydro electric power plant 1 kW," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 4, p. 042064, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1098/4/042064.
- [15] A. P. Redaputri and M. Yusuf S Barusman, "The analysis of renewable energy management to generate electricity in lampung province Indonesia," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 11, no. 6, pp. 347–352, 2021, doi: 10.32479/ijeep.11549.
- [16] G. L. Wungo, M. Mussadun, and M. Maulidhaini, "A Comparative Study: Micro-Hydro Power Management Model in Rural and Isolated Area," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 738, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/738/1/012054.