

Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium

Suwanti¹, Klaudius Matana², Matius Sau³, Yulianus Songli⁴, Rombe⁵, Atus Buku⁶

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13, Daya, Tamalanrea, Makassar 90245

⁶Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13, Daya, Tamalanrea, Makassar 90245

Suwantis315@gmail.com, klaudiusmatana02@gmail.com, matiussau@ukipaulus.ac.id,
ysongli@ukipaulus.ac.id, rombe_dwipanca@yahoo.com, atus@ukipaulus.ac.id,

Email Korespondensi: matiussau@ukipaulus.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi alam dari bahan bakar fosil semakin tinggi sepanjang saat, sedangkan cadangan energinya terus menurun. Hal itu mengakibatkan negara-negara melakukan penelitian-penelitian tentang energi baru terbarukan Tenaga terbarukan atau renewable energy artinya salah satu objek penelitian yang sangat tepat untuk dikembangkan untuk mengatasi kelangkaan energi alam. Sumber daya alam Indonesia yang sangat berpotensi menjadi pembangkit listrik adalah sumber air, mengingat Indonesia adalah negara beriklim tropis basah sehingga mempunyai curah hujan tinggi serta sungai yang sangat banyak. Dalam penelitian ini membahas Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui jumlah debit air dan pengaruh ketinggian terjun air dan daya yang dihasilkan dari pengaruh tinggi terjun air. Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan metode penelitian eksperimen adalah alat yang dibuat untuk diteliti. Berdasarkan kesimpulan dari penelitian Diketahui nilai dari hasil perhitungan 1,2m maka diketahui debit air 0,010 L/s Sedangkan hasil analisis yang dilakukan pada tinggi terjun air 1,5 m maka di peroleh nilai debit air 0,009 L/s. Dari hasil perbandingan perhitungan dan analisis pada alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh tinggi terjun air dapat mempengaruhi putaran turbin. Maka diketahui pengaruh tinggi terjun air pada perhitungan 1,2 m maka daya yang dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium yaitu 97,47 watt sedangkan hasil dari analisis yang dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium yang tinggi terjun air nya 1,5 m maka dapat menghasilkan daya yaitu 109,65 watt.

Kata kunci: Air, Listrik, Daya

Abstract

The need for natural energy from fossil fuels is getting higher all the time, while its energy reserves continue to decline. This resulted in countries conducting research on new renewable energy. Renewable energy means one of the objects of research that is very appropriate to be developed to overcome the scarcity of natural energy. Indonesia's natural resources that have the potential to become power plants are water sources, considering that Indonesia is a tropical wet country so it has high rainfall and very many rivers. In this study discusses Laboratory Scale Hydroelectric Power Plant Analysis. The purpose of this study is to determine the amount of water discharge and the influence of water plunge height and power resulting from the influence of water waterfall height. In this study, the research method used is a literature study and the experimental research method is a tool made to be researched. Based on the conclusions of the study, it is known that the value of the calculation results is 1.2m, then it is known that the water discharge is 0.010 L/s, while the results of the analysis carried out at a height of 1.5 m water waterfall then obtained a water discharge value of 0.009 L/s. From the results of comparison of calculations and analysis on Laboratory Scale Hydroelectric Power Plant equipment, it can be concluded that the influence of water plunge height can affect turbine rotation. So it is known the influence of the height of the water plunge on the calculation of 1.2 m, then the power generated on Laboratory Scale Hydropower Plant is 97.47 watts while the results of analysis conducted on Laboratory Scale Hydropower Plant whose water fall height is 1.5 m then can produce power which is 109.65 watts.

Keywords: Water, Electricity, Power

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dari bahan bakar fosil terus meningkat, sementara cadangan energinya menurun. Negara-negara melakukan penelitian tentang energi terbarukan, termasuk Indonesia dengan potensi

pembangkit listrik dari sumber air. Pembangunan PLTA skala besar mahal dan memakan waktu. Solusi investasi yang lebih efisien adalah menggunakan PLTA skala laboratorium.tunggal yang dapat menjalankan

Perputaran air mampu menggerakkan turbin, menciptakan tenaga mekanik yang diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit tenaga air memiliki keunggulan yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya, menjadikannya pilihan terpopuler di dunia. Beberapa keunggulan menonjol yang dimilikinya melibatkan biaya yang rendah, densitas energi yang tinggi, dan tingkat keandalan yang tinggi. Pembangkit listrik tenaga air dengan potensi air berdebit rendah (<5 kW) dapat direalisasikan.

Jenis-jenis pembangkit listrik tenaga air dapat dikategorikan sebagai: Large-hydro memiliki daya lebih dari 100 MW, medium-hydro memiliki daya antara 15 hingga 100 MW, small-hydro memiliki daya antara 1 hingga 15 MW, mini-hydro memiliki daya di atas 100 kW tetapi di bawah 1 MW, micro-hydro memiliki daya antara 5 kW hingga 100 kW, dan pico-hydro memiliki daya kurang dari 5 kW.

Dengan memahami berbagai kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang akan dihasilkan, jenis PLTA dapat ditentukan berdasarkan debit air yang akan dihasilkan. Pada skala laboratorium dengan kapasitas 5 kW, PLTA PikoHidro dipilih sebagai pilihan. Proses pembangunan Pembangkit Listrik PikoHidro melibatkan penggunaan turbin sebagai inisial penggerak dan generator untuk menghasilkan energi listrik.

Top of Form

2. Metode

Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan analisis data kualitatif sebagai metode eksperimen. Jenis penelitian yang diadopsi dalam penyusunan tulisan ini adalah Library research atau penelitian kepustakaan. Metode ini melibatkan pengumpulan data melalui membaca buku-buku yang relevan dengan penelitian, merinci pandangan para ahli dari sumber bacaan yang relevan dengan pembahasan penelitian ini, dan mengumpulkan artikel dari internet yang terkait dengan topik penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Perhitungan

Dalam proses pembuatan alat ini, data dapat diperoleh melalui hasil perhitungan untuk mengetahui tinggi terjun air, jumlah putaran turbin, daya yang dihasilkan, serta arus dan tegangan yang mengalir. Berikut penjabaran dari hasil perhitungan yang diperoleh.

Perhitungan Volume pada Pipa

$$\begin{aligned} v &= \pi r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 135 \text{ cm} \\ &= 423,9 \text{ cm}^3 \\ &= 0,4239 \text{ liter} \end{aligned}$$

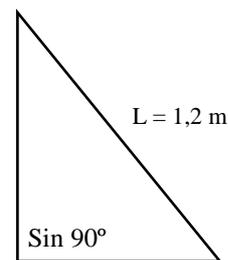
Perhitungan Kecepatan Aliran

$$\begin{aligned} v &= \frac{L}{t} \\ &= \frac{135}{3,21} \\ v &= 42,05 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perhitungan Debit Air

$$\begin{aligned} Q &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{0,4239}{42,05} \\ &= 0,010 \text{ L/s} \end{aligned}$$

Perhitungan Tinggi Terjun Air 1,2 m



Gambar 1. Perhitungan Tinggi Terjun Air

$$\begin{aligned} H &= 1,2 \text{ m} \times \sin 90^\circ \quad \sin = 1 \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Potensi Air

$$\begin{aligned} E_p &= g \times Q \times H \times \rho \\ &= 9,81 \times 0,010 \times 1,2 \times 1000 \\ &= 117,72 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Turbin

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \times Q \times \rho \times H \times \eta_t \times \eta_g \\ &= 9,81 \times 1000 \times 0,010 \times 1,2 \times 0,92 \times 0,9 \\ &= 97,47 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Generator

$$\begin{aligned} N_g &= g \times Q \times H \times \rho \times \eta_t \times \eta_g \\ &= 9,81 \times 0,010 \times 1,2 \times 1000 \times 0,8 \times 0,9 \\ &= 97,47 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya turbin terbangkitkan

$$\begin{aligned} N_T &= \frac{N_g}{\eta_g \times \eta_t} \\ &= \frac{97,47 \text{ watt}}{0,9 \times 0,92} \\ N_T &= 117,71 \text{ Watt} \\ &= 0,157 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Perhitungan Putaran Turbin Dan Generator

$$\begin{aligned} \frac{\pi D n}{60} &= 0,8 \sqrt{2} \cdot g \cdot \text{Heff} \\ D n &= \frac{60 \times 0,8 \times \sqrt{2} \times 9,81 \times 1,2}{3,14} \\ &= 254,49 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Perhitungan Spesifik Putaran Persamaan

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H_{eff}^{3/4}}$$

$$N_s = \frac{254,49 \times \sqrt{0,157}}{1,2^{3/4}}$$

$$= 87,94 \text{ rpm}$$

Perhitungan Arus yang Mengalir Pada Saat Ada Beban

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{234}{26}$$

$$= 9 \text{ A}$$

Perhitungan Tegangan yang Mengalir Pada Saat Ada Beban

$$V = I \times R$$

$$= 9 \times 26$$

$$= 234 \text{ V}$$

Perhitungan Output Generator

$$P = V \times I$$

$$= 234 \times 9$$

$$= 2.106 \text{ watt}$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan

No	Nama	Nilai
1.	Diameter pipa $\frac{3}{4}$ (1inc =2,54 cm)	20 mm = 2 cm
2.	Panjang pipa	135 cm
3.	Efisiensi turbin	92%
4.	Efisiensi generator	90 %
5.	Kecepatan air	42,05 m/s
6.	Tinggi Terjun Air	1,2 m
7.	Debit Air	0,010 L/s
8.	Daya Turbin	97,47 Watt
9.	Daya Generator	97,47 Watt
10.	Potensi air	117,72 Joule
11.	Daya Turbin Terbangkitkan	0,157 Hp
12.	Putaran Turbin dan Generator	254.49 rpm
13.	Spesifik Turbin	87,94 rpm
14.	Spesifik Generator	87,94 rpm
15.	Tegangan	234 V
16.	Volume pipa	423,9 cm ³
17.	Arus	9 A
18.	Daya Output	2.106 Watt

Dengan merujuk pada hasil perhitungan alat yang telah dibuat, dapat dijelaskan bahwa pada tinggi terjun sebesar 1,2 meter, turbin dan generator dapat menghasilkan putaran, menghasilkan daya output dari generator. Pada tabel tersebut, tampak bahwa daya keluaran generator relatif kecil, hal ini disebabkan oleh tinggi terjun air yang terbatas hanya sebesar 1,2 meter, yang mengakibatkan putaran turbin tidak mencapai tingkat maksimal.

Data Hasil Analisis

Dalam penelitian analisis pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium, untuk menentukan jumlah

debit air yang mengalir pada turbin dengan tinggi air sekitar 1,5 meter, dapat dihitung sebagai berikut:

Perhitungan Kecepatan Aliran Pada Tinggi Air 1,5 m

$$v = \frac{L}{t}$$

$$= \frac{135}{3,02}$$

$$= 44,70 \text{ m/s}$$

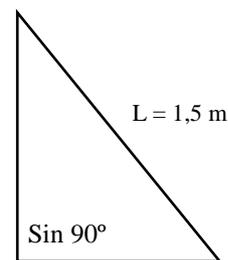
Perhitungan Debit Air

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$= \frac{0,4239}{44,70}$$

$$= 0,009 \text{ L/s}$$

Perhitungan Tinggi Terjun Air



Gambar 2. Perhitungan Tinggi Terjun Air

$$H = 1,5 \text{ m} \times \sin 90^\circ \quad \sin 90^\circ = 1$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

Perhitungan Potensi Air

$$E_p = g \times Q \times \rho \times H$$

$$= 9,81 \times 0,009 \times 1000 \times 1,5$$

$$= 132,43 \text{ Joule}$$

Perhitungan Daya turbin

$$P_t = g \times Q \times \rho \times H \times \eta_t \times \eta_g$$

$$= 9,81 \times 0,009 \times 1000 \times 1,5 \times 0,92 \times 0,9$$

$$= 109,65 \text{ watt}$$

Perhitungan Daya Generator

$$N_g = g \times Q \times H \times \rho \times \eta_t \times \eta_g$$

$$= 9,81 \times 0,009 \times 1,5 \times 1000 \times 0,92 \times 0,90$$

$$= 109,65 \text{ watt}$$

Perhitungan daya dibangkitkan

$$N_T = \frac{N_g}{\eta_g \times \eta_t}$$

$$= \frac{109,65 \text{ watt}}{0,9 \times 0,92}$$

$$= 132,42 \text{ watt}$$

$$N_T = 0,177 \text{ Hp}$$

$$\text{Dengan } 1 \text{ watt} = 0,00134 \text{ Hp}$$

Perhitungan Putaran Turbin dan generator

$$\frac{\pi D n}{60} = 0,8\sqrt{2} \cdot g \cdot H$$

$$Dn = \frac{60 \times 0,8 \times \sqrt{2} \times 9,81 \times 1,5}{3,14}$$

$$= 318,11 \text{ rpm}$$

Perhitungan Putaran Spesifik

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H_{eff}^{3/4}}$$

$$= \frac{318,11\sqrt{0,177}}{(1,5)^{3/4}}$$

$$= 98,74 \text{ rpm}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Dari Analisis Pembangkit Listrik Skala Laboratorium

No	Nama	Nilai
1.	Diameter Pipa $\frac{3}{4}$ (1inc =2,54 cm)	20 mm = 2 cm
2.	Debit Air	0,009 L/s
3.	Tinggi Terjun air	1,5 m
4.	Panjang Pipa	135 cm
5.	Efisiensi Turbin	92%
6.	Efisiensi Generator	90 %
7.	Daya Turbin	109,65 watt
8.	Daya Genertor	109,65 watt
9.	Daya Turbin Terbangkitkan	0,177 Hp
10.	Putaran Turbin dan Generator	318,11 rpm
11.	Spesifik Turbin	98,74 rpm
12.	Spesifik Generaor	98,74 rpm

Setelah melakukan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium pada tinggi terjun air 1,5 meter, ditemukan bahwa nilai keluaran daya dari generator adalah sebesar 109,65 watt, dibandingkan dengan tinggi terjun air pada ketinggian 1,2 meter.

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada alat yang dilakukan, dapat diuraikan perbandingan antara data perhitungan dan data analisis sebagai berikut:

1. Perbandingan hasil perhitungan dalam pembuatan alat menunjukkan nilai debit air sebesar 0,010 L/s, sedangkan pada hasil analisis ditemukan nilai sebesar 0,009 L/s. Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh kecepatan air terhadap debit air.
2. Pengaruh ketinggian air pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium dapat diamati melalui perbandingan nilai hasil perhitungan dan analisis pada tinggi terjun air 1,2 m dan 1,5 m.
3. Dampak dari ketinggian terjun air dapat diidentifikasi melalui perbandingan total daya output yang dihasilkan. Pada perhitungan dengan tinggi terjun air 1,2 m, daya generator mencapai 97,47 watt, sedangkan hasil analisis dengan tinggi terjun air 1,5 m menghasilkan daya sebesar 109,65 watt.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Perhitungan dan yang di Analisis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium

No	Tinggi	Debit Air	Daya Generator
1.	1,2 m	0,010 L/s	97,47 watt
2.	1,5 m	0,009 L/s	109,65 watt

Perbandingan antara tinggi terjun air pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium.

4. Kesimpulan

Dari simpulan penelitian terhadap Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai debit air dapat diketahui dari hasil perhitungan pada ketinggian 1,2 m, dengan nilai sebesar 0,010 L/s. Sementara itu, hasil analisis pada ketinggian air 1,5 m menunjukkan nilai debit air sebesar 0,009 L/s.
2. Melalui perbandingan antara hasil perhitungan dan analisis pada alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium, dapat disimpulkan bahwa tinggi terjun air memiliki pengaruh terhadap putaran turbin.
3. Pengaruh tinggi terjun air dapat diidentifikasi dengan nilai daya yang dihasilkan pada perhitungan 1,2 m, yaitu 97,47 watt. Sedangkan, hasil analisis pada tinggi terjun air 1,5 m menghasilkan daya sebesar 109,65 watt.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada segenap pimpinan program studi, dosen pembimbing, staff pegawai Program Studi Teknik Elektro UKI Paulus Makassar serta segenap keluarga yang telah memberi dukungan.

Daftar Pustaka

- [1] Hidayat, W. (2017). Prinsip Kerja dan Komponen - Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wahyu Hidayat.
- [2] Muis, A., Mesin, J. T., Teknik, F., & Tadulako, U. (2010). TURBIN AIR PADA PLTA LARONA Abdul Muis 11 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- [3] Pratama, F. R. (2022). Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta) Skala Pico Untuk Penerangan Kolam Budidaya Ikan Air Tawar (Issue 1905101015). [http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/69736%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/69736/2/LAPORAN AKHIR TANPA BAB PEMBAHASAN.pdf](http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/69736%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/69736/2/LAPORAN%20AKHIR%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf)
- [4] Subandono, A. (2013). Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh). ADITYA - Pendidikan Bahasa Dan Sastra Jawa, 10(4), 1–13.
- [5] Sukamta, S., & Kusmantoro, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. Jurnal Teknik Elektro Unnes, 5(2), 58–63.
- [6] Sunarlik, W. (2017). Prinsip Kerja Generator. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 6.
- [7] Yusmartato, Zufadli Pelawi, Yusniati, Fauzi, & Shalahuddin Alayubi Sitanggang. (2022). Pemanfaatan Aliran Air Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) Di Desa Bandar Rahmat Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara. Journal of Electrical Technology, 7(1), 25–28.