

## Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Generator Dc Shunt

I Dewa Nyoman Dharma Putra<sup>1</sup>, Winarso<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. K.H. Ahmad Dahlan Dukuhwaluh, Kembaran, Banyumas, 53182

---

### Informasi Makalah

Dikirim, 2 September 2021

Direvisi, 23 Mei 2022

Diterima, 27 Juni 2022

---

### Kata Kunci:

Piko Hidro,  
Generator DC,  
Turbin

---

### Keyword:

Pico hydropower,

DC generator,

Turbine

---

### INTISARI

Aliran air dalam saluran irigasi merupakan sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik, seperti saluran irigasi yang berlokasi di Desa Kebumen, aliran air ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Perancangan PLTPH dimulai dari survey lokasi, mengukur debit air, pemilihan generator dan turbin, perakitan dan pengujian PLTPH. Pada penelitian ini debit air saluran irigasi yang sudah terukur 0,29 m<sup>3</sup>/detik akan dikonversi menjadi energi kinetik dengan turbin overshoot berdiameter 60 cm dengan jumlah sudu 20 buah, kemudian energi kinetik tersebut dirubah menjadi energi listrik melalui generator dc shunt. Pengujian turbin tanpa beban dilakukan secara langsung di saluran irigasi dengan putaran rata-rata sebesar 512,2 rpm. Untuk pengujian generator dilakukan di laboratorium. Pada pengujian generator dc shunt untuk mengisi baterai, pada putaran 245 rpm menghasilkan arus 0, 2 A dan tegangan 11, 9 V, pada putaran 900 rpm menghasilkan arus 4 A dan tegangan 17, 9 V. Turbin PLTPH ini dapat menghasilkan daya 53, 61 Watt dengan efisiensi turbin 62, 76 %. Energi yang dihasilkan oleh sistem PLTPH sebesar 91,504 Wh.

---

### ABSTRACT

The flow of water in irrigation canals can be used as an electrical energy source. For example, in Kebumen village, the water flow can be converted into electrical energy. Pico hydropower plant design began with a site survey, water flow measurement, generator and turbine selection, assembly, and Pico hydropower plant testing. An overshoot turbine with a diameter of 60 cm and a total of 20 blades was used in this study to convert irrigation canal water discharge, which was measured at 0,29 m<sup>3</sup>/sec, into kinetic energy, which was subsequently converted into electrical energy via a dc shunt generator. The no-load turbine testing was done directly in the irrigation canal with an average rotation of 512,2 rpm. Generator testing was done in a laboratory. When used to charge the battery, the shunt dc generator produces a current of 0.2 A and a voltage of 11.9 V at 245 rpm, and a current of 4 A, and a voltage of 17.9 V at 900 rpm. With a turbine efficiency of 62.76 percent, the Pico hydropower plant turbine can produce 53.61 Watts of power. The Pico hydropower plant system generates 91.504 Wh of energy.

---

### Korespondensi Penulis:

I Dewa Nyoman Dharma Putra

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. K.H. Ahmad Dahlan Dukuhwaluh, Kembaran, Banyumas, 53182

Email: idewanyomandp99@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia setiap tahunnya meningkat disertai pertumbuhan fasilitas publik seperti pasar modern, gedung sekolah, hotel dan perkantoran. Pertumbuhan fasilitas publik membutuhkan energi yang tidak sedikit. Seiring dengan itu menipisnya energi minyak bumi menyebabkan terjadinya krisis energi di negara kita dan sebagian negara lain. Kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah negara kita untuk mengatasi masalah tersebut adalah mengembangkan potensi energi terbarukan seperti potensi energi air, energi angin, energi matahari dan yang lainnya. Energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah karena letak geografis negara kita berada di wilayah tropis. Sebagai contoh energi matahari setiap hari tersedia cukup banyak merupakan sumber energi listrik yang murah, demikian juga curah hujan yang tinggi di wilayah tropis menjadikan sumber air yang cukup melimpah, sehingga pemanfaatan energi hidro sebagai sumber energi listrik cukup besar.

Energi terbarukan yang cukup melimpah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui mesin konversi, misalnya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik memerlukan konverter photovoltaic, energi air diubah menjadi energi gerak melalui konverter turbin air. Menurut Hukum Kekekalan Energi yaitu energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat untuk dimusnahkan namun energi dapat diubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Energi listrik terbentuk oleh proses perubahan energi, yaitu energi gerak (energi mekanik) yang diubah menjadi energi listrik. Dengan terbentuknya energi listrik kehidupan manusia akan menjadi mudah karena listrik dapat membantu banyak aktifitas-aktifitas manusia. Umumnya manusia menggunakan listrik sebagai penerangan, menghidupkan mesin, dan sebagai sumber energi peralatan-peralatan manusia yang lainnya.

Menurut Mirzan, salah satu pilihan dalam pengembangan sektor energi adalah pemanfaatan Pembangkit Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). Pembangkit listrik Pikohidro tidak memerlukan waduk atau bendungan sehingga tidak memerlukan relokasi tempat tinggal masyarakat setempat. Pemanfaatan PLTPH merupakan salah satu solusi untuk dapat menyediakan energi listrik yang murah dan ramah lingkungan dan dapat berdampak pada kesadaran masyarakat untuk melestarikan hutan sebagai penjaga kelestarian sumber daya air [1].

Menurut Athifah, Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) adalah pembangkit tenaga listrik yang mempunyai kemampuan memproduksi daya listrik dibawah 5 kilowatt. PLTPH sangat cocok dan kokoh digunakan pada daerah pegunungan yang memiliki aliran sungai kecil sebagai sumber energi, karena secara teknis energi air dikonversi menjadi tenaga mekanik oleh turbin air, selanjutnya energi mekanik tersebut diubah menjadi energi listrik oleh generator [2].

Menurut Nakhoda, pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi air yang kecil seperti selokan atau irigasi sehingga potensi energi listriknya juga cukup kecil. Pembangkit ini dapat dirancang dan diterapkan di daerah pedesaan yang dimana terdapat aliran sungai dengan debit air yang kontinu dan tinggi jatuh air yang relative rendah untuk memutar atau menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan listrik [3].

Menurut Rahmawati, sumber energi baru dan terbarukan adalah sumber energi yang murah dan tersedia disekitar kita serta menjadi sebuah pilihan yang tepat untuk daerah yang terisolir dan belum merasakan listrik dari jaringan PLN. Dengan menggunakan energi alternatif masyarakat sekitar dapat membuat pembangkit listrik dengan cara memanfaatkan potensi alam disekitar mereka, seperti aliran sungai, angin dan maupun panas matahari. Pada pembangkit listrik yang memanfaatkan energi alternatif terdapat alat yang berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk tertentu, seperti halnya *Flywheel* (Roda Gila) yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) untuk menyimpan energi rotasi, kemudian dikeluarkan berupa putaran pada poros generator yang akan tetap stabil sehingga menghasilkan energi listrik yang konstan dan dapat menjaga umur generator tersebut yang diakibatkan oleh aliran arus sungai yang tidak tentu atau tidak stabil [4].

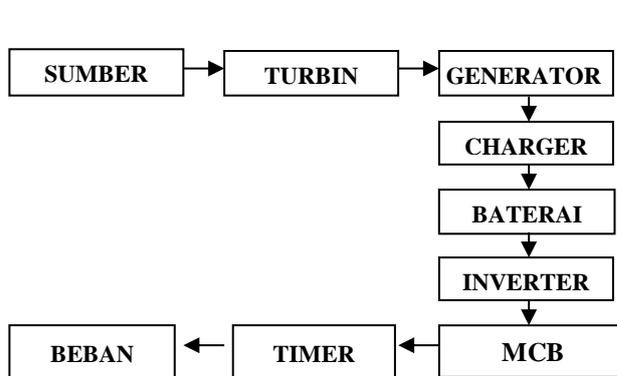
Penelitian yang dilakukan oleh Ihfazh bahwa pembangkit listrik Mikrohidro atau Pikohidro merupakan sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Perbedaan jenis pembangkit Mikrohidro dengan Pikohidro adalah produksi daya listriknya, misalnya pembangkit listrik Mikrohidro menghasilkan daya lebih rendah dari 500 KVA, sedangkan untuk pikohidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 watt. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu aliran air turbin dan generator [5].

Pada penelitian ini merancang sistem Pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan memanfaatkan aliran irigasi yang berada di Desa Kebumen. Pembangkit listrik pikohidro ini akan dimanfaatkan untuk menerangi obyek wisata embung maron yang ada didesa tersebut.

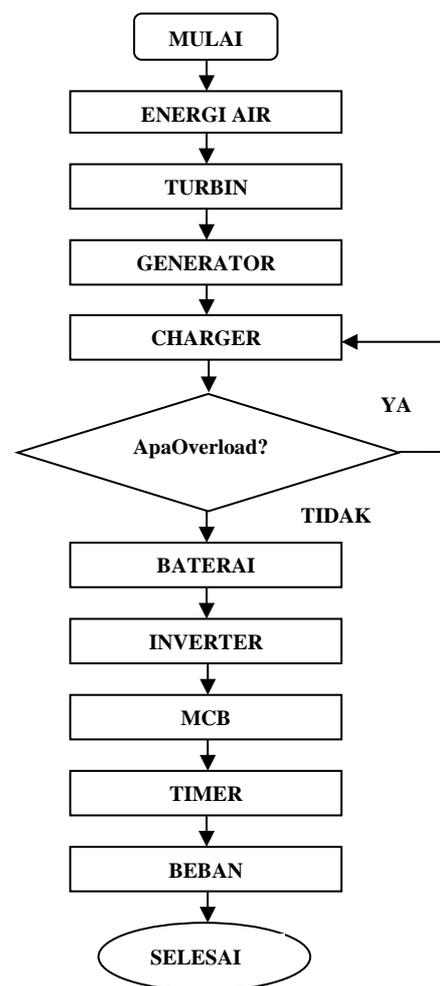
## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, langkah pertama adalah ketika sumber air yang sudah disalurkan melalui pipa di arahkan untuk menggerakkan turbin. Saat turbin berputar maka generator akan bekerja karena *pulley* pada generator sudah dihubungkan dengan *pulley* turbin menggunakan *fan belt*. Pada generator terjadi proses perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator akan disimpan pada baterai. Baterai pada sistem ini dilindungi oleh *charger control*. *Charger control* berfungsi untuk mengamankan baterai saat terjadi *overload*. Selanjutnya terdapat inverter pada sistem PLTPH ini. Inverter berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi AC.

Energi listrik yang dihasilkan PLTPH adalah sangat terbatas sehingga perlu alat proteksi arus listrik agar energi listrik yang disalurkan aman dan efisien. Alat proteksi arus listrik menggunakan *Miniatur Circuit Breaker* (MCB). Fungsi utama MCB yaitu sebagai pengaman ketika terjadi hubung singkat. Selain proteksi MCB juga diperlukan sistem pengatur waktu aliran listrik yaitu berupa *timer*. *Timer* ini mengatur penyalan lampu yaitu ketika malam hari lampu akan hidup dan saat pagi tiba lampu akan mati secara otomatis. Pada sistem PLTPH ini beban yang digunakan yaitu lampu LED. Lampu akan menyala sesuai dengan waktu yang sudah diseting pada *timer*. Perancangan diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 1 dan diagram alir sistem dapat dilihat pada gambar 2.



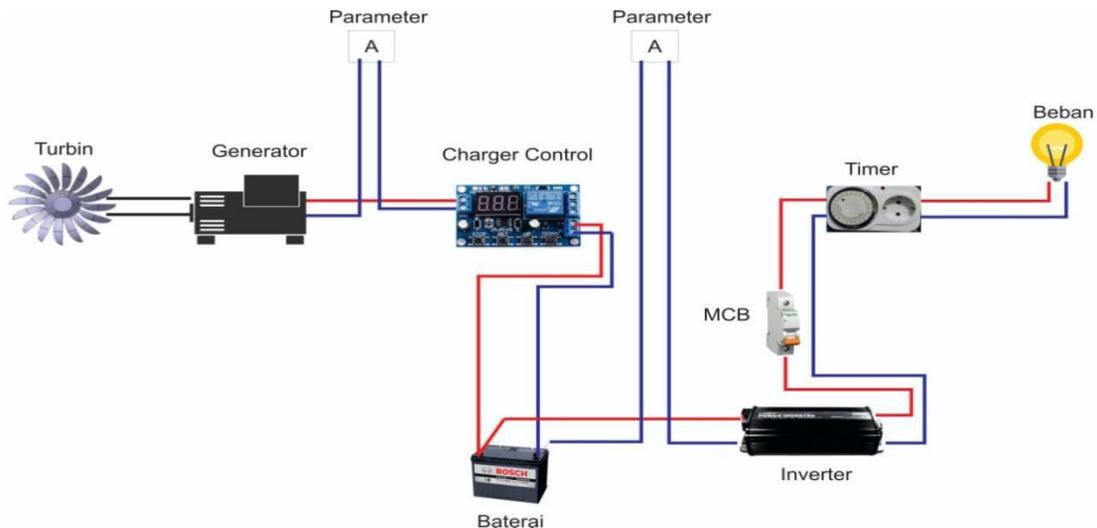
Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Perancangan sistem yang pertama dimulai adalah merancang turbin. Turbin dirancang sesuai berdasarkan kondisi lokasi penelitian. Setelah itu dilanjutkan dengan merancang kerangka dudukan turbin dan generator. Selanjutnya memasang pipa untuk mengarahkan air untuk memutar turbin. Setelah turbin dan generator terpasang, dilanjutkan dengan merakit panel sistem PLTPH. Peralatan yang diletakkan pada panel yaitu ; Charger Control , Baterai , Inverter , MCB , Timer dan Panel Voltmeter , Amperemeter. Sistem instalasi peralatan pada panel ditampilkan seperti pada Gambar 3.

Selanjutnya generator dihubungkan dengan sistem yang terdapat pada panel. Setelah itu, arahkan air untuk memutar turbin. Setelah turbin berputar maka sistem PLTPH akan berjalan. Pada gambar 3 dijelaskan bahwa sumber energi listrik diperoleh dari sumber air yang dikonversi menjadi energi gerak oleh turbin air, kemudian energi gerak tersebut terhubung dengan generator yang berfungsi untuk mengubah menjadi energi listrik. .



Gambar 3. Perancangan *Hardware*

Dari gambar perancangan sistem PLTPH di atas dapat di jelaskan spesifikasi teknisnya yaitu :

1. Turbin air jenis overshoot dengan diameter turbin 60 cm, 20 sudu
2. Generator dc shunt dengan kapasitas 300 VA/ 12 volt
3. Baterai basah dengan kapasitas 12 V/35 AH
4. Inverter dc ke ac dengan kapasitas 300 watt/220 vac
5. Charger control dengan kapasitas 5 A/ 12-20 volt dc
6. Timer ac 24 jam
7. MCB 2 amper

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Kecepatan Air

Pengujian kecepatan air ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa kecepatan dan debit air pada sungai tersebut. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yang pertama menggunakan metode apung dan yang kedua menggunakan metode pengisian wadah. Hasil pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit air berdasarkan kecepatan air dan volume irigasi. Debit air adalah komponen yang penting untuk mengetahui potensi besarnya daya aktif yang dihasilkan oleh aliran air irigasi tersebut untuk diubah menjadi energi listrik.

##### a. Metode Apung

Metode pengujian kecepatan air dengan metode apung caranya yaitu dengan menghanyutkan bola plastik dengan titik awal dan akhir yang sudah ditentukan dan menghitung lama waktunya. Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Berikut hasil pengukuran volume air irigasi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Besaran Volume Air Irigasi

Titik	Lebar (L)	Kedalaman H (Meter)			H Rata-Rata
	(Meter)	H1	H2	H3	
Titik 1	1,10	0,38	0,37	0,38	0,37
Titik 2	0,85	0,30	0,32	0,34	0,32
Titik 3	0,87	0,35	0,27	0,27	0,29
Titik 4	0,90	0,30	0,28	0,30	0,29
Titik 5	0,82	0,30	0,33	0,33	0,32
Jumlah	4,54				1,59
<b>Rata-Rata</b>	<b>0,90</b>				<b>0,31</b>

Untuk mencari luas penampang (A) sungai dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A &= L \cdot \text{Rata-Rata} \times H \text{ Rata-Rata} \\
 &= 0,90 \times 0,31 \\
 &= 0,27 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang air yang didapat dari hasil perhitungan sebesar 0,27 m<sup>2</sup>

Pengujian metode apung dengan bola yang dihanyutkan di saluran irigasi adalah untuk mendapatkan waktu hanyut dengan lintasan yang sudah ditentukan, berikut adalah hasil pengukuran kecepatan aliran air pada irigasi seperti tabel 2:

Tabel 2. Pengujian Kecepatan Aliran Air Irigasi

Pengulangan	Waktu Pengukuran (T) (detik)
Pengukuran 1	47,08
Pengukuran 2	46,76
Pengukuran 3	45,98
Pengukuran 4	44,40
Pengukuran 5	44,99
Jumlah	229,21
<b>Rata-rata</b>	<b>45,842</b>

Untuk mencari kecepatan (v) pada sungai dapat digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 V &= P : T \cdot \text{Rata-Rata} \\
 &= 50 : 45,842 \\
 &= 1,09 \text{ m}^2/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran air yang didapat dari hasil perhitungan dari pengujian metode apung sebesar 1,09 m<sup>2</sup>/detik

Untuk mencari debit air (Q) sungai dapat digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 &= 0,27 \times 1,09 \\
 &= 0,29 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Debit air yang didapat dari hasil perhitungan dari pengujian metode apung sebesar 0,29 m<sup>3</sup>/detik

#### b. Metode Pengisian Wadah

Metode pengukuran kecepatan dan debit air menggunakan metode pengisian wadah ini dilakukan dengan cara mengisi air melalui pipa, kemudian air ditampung dengan menggunakan ember. Pengisian air dari ember kosong sampai penuh diperhitungkan waktunya dengan *stopwatch*. Berikut data hasil pengukuran volume wadah berupa ember plastik seperti pada tabel 3, dan data waktu pengisian seperti pada tabel 4.

Tabel 3. Pengujian Volume Wadah

No	Pengukuran Wadah	Dimensi (cm)
1.	Diameter Atas	38,5 cm
2.	Diameter Bawah	31 cm
3.	Tinggi	33 cm

Tabel 4. Pengujian Kecepatan Pengisian Wadah

No	Media	Waktu (detik)
1.	Ember Plastik	03,47
2.	Ember Plastik	03,49
3.	Ember Plastik	03,77
4.	Ember Plastik	03,71
5.	Ember Plastik	03,57
	Rata-rata	3,602

Untuk mencari kecepatan (v) dapat digunakan persamaan berikut.

$$V = P : T.Rata-Rata$$

$$= 60 : 3,602$$

$$= 16,65 \text{ m/detik}$$

Kecepatan aliran air yang didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 16,65 m/detik

Untuk mencari volume wadah (v) dapat digunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{1}{3} \pi t (R^2 + rR + r^2)$$

$$= \frac{1}{3} 3,14 \cdot 33 (19,25^2 + 15,5 \cdot 19,25 + 15,5^2)$$

$$= 34,54 (370,5625 + 298,375 + 240,25)$$

$$= 31.403,3363 \text{ cm}^3$$

$$= 31,40 \text{ liter}$$

Untuk mencari debit air (Q) dapat digunakan persamaan berikut.

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

$$= \frac{31,40}{3,602}$$

$$= 8,717 \text{ liter/detik.}$$

$$= 0,008717 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit air pada pengujian metode pengisian wadah sebesar 0,008717 m<sup>3</sup>/detik.

Pada penelitian ini, pipa yang digunakan yaitu pipa pvc dengan diameter 4 inch. Untuk menghitung luas penampang pipa dapat digunakan persamaan berikut :

$$\text{Diameter} = 4 \text{ inch}$$

$$= 10,16 \text{ cm}$$

$$r = \frac{1}{2} \cdot d$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 10,16$$

$$= 5,08 \text{ cm}$$

Luas Penampang Pipa Pesat :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot (5,08)^2$$

$$= 81,03 \text{ cm}^2$$

$$= 0,008103 \text{ m}^2$$

Luas penampang pipa yang digunakan pada sistem PLTPh ini adalah 0,008103 m<sup>2</sup>.

### 3.2 Pengujian Kecepatan Putar *Pulley Turbin Air Tanpa Fan Belt*

Pengujian kecepatan putar *pulley* turbin air tanpa *fan belt* bertujuan untuk mengetahui kecepatan turbin tanpa beban, data ini digunakan untuk referensi kecepatan generator yang akan digunakan untuk PLTPH. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *digital tachometer*, yaitu dengan memberi titik berwarna abu-abu pada *pulley* turbin, lalu tekan tombol *test* pada alat ukur dan catat hasil pengukuran.

Tabel 5. Pengujian kecepatan Turbin Tanpa beban

No.	Durasi Waktu (menit)	Kecepatan (rpm)
1.	0-5	508
2.	5-10	508
3.	10-15	511
4.	15-20	521
5.	20-25	513

Dari data pengujian putaran turbin diatas dapat diperoleh data yang dapat digunakan untuk menganalisa kinerja dari turbin tersebut. Data-data dari pengujian adalah sebagai berikut :

Putaran Turbin Rata-Rata (nT)	= 512, 2 rpm
Debit air (Q)	= 0, 008717 m <sup>3</sup> /detik
Tinggi Jatuh (h)	= 1 meter
Gaya Gravitasi (g)	= 9, 8 m/s <sup>2</sup>
Massa Jenis Air ( $\rho$ )	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
Luas Penampang Pipa (A)	= 0, 008103 m <sup>2</sup>

Dari data di atas didapatkan hasil sebagai berikut :

#### 1. Daya Potensial Air (Ph)

Daya potensial air dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \\ &= 1000 \cdot 0, 008717 \cdot 9, 8 \cdot 1 \\ &= 85, 42 \text{ Watt.} \end{aligned}$$

Daya potensial air pada sistem PLTPH sebesar 85, 42 Watt.

#### 2. Daya Turbin (PT)

Daya yang dihasilkan turbin dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} PT &= \frac{2 \cdot \pi \cdot nT}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 412,2}{60} \\ &= 53, 61 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya turbin pada sistem PLTPH ini sebesar 53,61 Watt

#### 3. Efisiensi Turbin ( $\eta_T$ )

Efisiensi turbin dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \eta_T &= \frac{PT}{PH} \cdot 100 \% \\ &= 62, 76 \% \end{aligned}$$

Efisiensi turbin pada sistem PLTPH ini sebesar 62,76 %

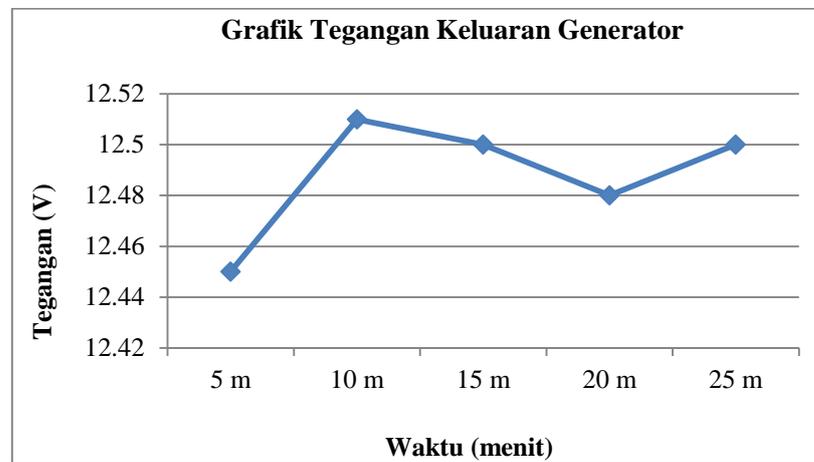
### 3.3 Pengujian Generator DC Tanpa Beban Dalam Sistem PLTPH

Pengujian ini bertujuan mendapatkan kemampuan generator untuk menghasilkan energi listrik pada kecepatan sesuai kecepatan turbin tanpa beban. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan penghantar pada generator dengan probe pada alat ukur voltmeter. Berikut merupakan hasil dari pengujian generator dc tanpa beban dalam sistem PLTPH seperti pada tabel 6 :

Tabel 6. Pengujian Generator DC Tanpa Beban Dalam Sistem PLTPH

Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Kecepatan (rpm)	506	506	506	506	506
Tegangan (V)	12,45	12,51	12,50	12,48	12,50

Dari hasil pengujian generator DC tanpa beban pada sistem PLTPH seperti data tabel 6, didapatkan hasil tegangan rata-rata yang tercatat adalah 12,48 dengan kecepatan pulley generator sebesar 506 rpm dan ditampilkan pada gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Generator Tanpa Beban

### 3.4 Pengujian Generator DC Berbeban Pada Sistem PLTPH

Pengujian sistem PLTPH dilakukan secara terpadu yaitu menghubungkan generator dc dengan turbin air. Pengujian pertama adalah menguji sistem PLTPH tanpa beban atau beban 0 (nol) watt. Hasil pengujian seperti pada tabel 7. Pengujian kedua membebani generator dengan lampu LED. Lampu yang digunakan yaitu lampu LED 5 Watt dan 8 Watt. Berikut merupakan hasil dari pengujian generator dc berbeban pada sistem pltpH seperti pada tabel 8.

Tabel 7 Pengujian Sistem PLTPH tanpa beban

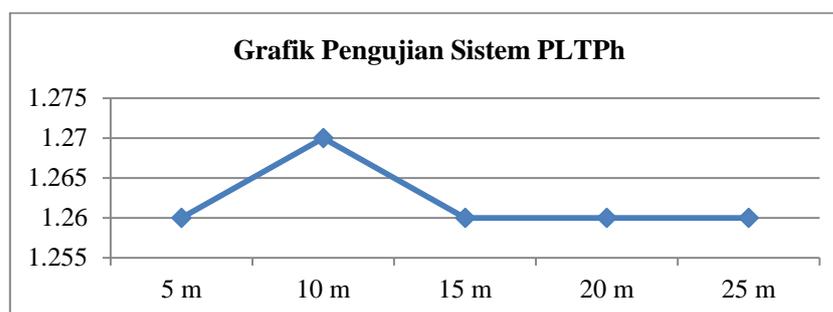
Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Arus (A)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tegangan (V)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Kecepatan (rpm)	539	539	539	539	539

Dari hasil pengujian sistem PLTPH tanpa beban bahwa sistem PLTPH menghasilkan arus sebesar 0,20 A dan tegangan 12,5 V pada kecepatan putaran 539 rpm.

Tabel 8. Pengujian Generator DC Berbeban 5 Watt + 8 Watt Dalam Sistem PLTPh

Waktu (Menit)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Arus (A)	1,26	1,27	1,26	1,26	1,26
Tegangan (V)	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
Kecepatan (rpm)	345	345	345	345	345

Dari hasil pengujian generator dc berbeban lampu LED 13 watt, sistem PLTPh menghasilkan arus sebesar 1,26 A dan tegangan sebesar 12,3 V pada kecepatan generator 345 rpm dan ditampilkan dengan grafik seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengujian Sistem PLTPh berbeban lampu LED

Dari gambar 5. dapat diamati bahwa arus pada pengujian mengalami suatu kenaikan dari 1,26 A menjadi 1,27 A. Namun selanjutnya arus selalu stabil sebesar 1,26 A, begitu pula dengan tegangan, tegangan selalu stabil yaitu sebesar 12,3 V.

### 3.5 Analisis Energi Pada Sistem PLTPh

Berikut ini merupakan data aliran energi generator dan baterai yang diambil dari pengujian sistem PLTPh di lapangan, seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Pengujian aliran energi generator dan inverter sistem PLTPh

Parameter Listrik	Generator Tanpa Beban	Generator Berbeban	Inverter	Baterai 12V/40 AH
<b>Arus</b>	0,19 A	0,13 A	0,20 A	1,26 A
<b>Tegangan</b>	12,5 V	12,4 V	12,5 V	12,3 V

Dari data pengujian sistem PLTPh seperti pada tabel 10, dapat di analisa energi yang dihasilkan oleh sistem PLTPh tersebut menggunakan persamaan berikut :

1. Energi yang dihasilkan oleh generator selama 24 jam  
 $E_g = 0,13 \times 12,4 \times 24$   
 $= 36,68 \text{ Wh}$
2. Energi awal yang tersimpan dibaterai 12 V/32 AH, efisiensi 70 %  
 $E_b = 12 \times 32 \times 0,7$   
 $= 268,8 \text{ Wh}$
3. Beban listrik sistem PLTPh 13 watt yaitu lampu led 5 watt dan 8 watt.
4. Beban sistem/kerugian daya sistem disebabkan oleh kerugian daya pada inverter dan timer yaitu:  
 $P_{it} = 0,2 \times 12,5$   
 $= 2,5 \text{ Wh}$
5. Pengujian sistem PLTPh selama 24 jam :

- a. Pengujian PLTPH dengan beban lampu led dari jam 13:00 sd 14:00 :  
 $P1 = 1,26 \text{ A} \cdot 12,3 \text{ V} \cdot 1 \text{ jam}$   
 $= 15,49 \text{ Wh}$
- b. Pengujian sistem PLTPH tanpa beban dari jam 14:00 sd 18:00  
 $P2 = 0,20 \text{ A} \cdot 12,5 \text{ V} \cdot 4 \text{ jam}$   
 $= 10 \text{ Wh}$
- c. Pengujian sistem PLTPH berbeban lampu led dari jam 18:00 sd 05:00  
 $P3 = 1,26 \text{ A} \cdot 12,3 \text{ V} \cdot 11 \text{ jam}$   
 $= 170,48 \text{ Wh}$
- d. Pengujian sistem PLTPH tanpa beban dari jam 05:00 sd 13:00  
 $P4 = 0,20 \text{ A} \cdot 12,5 \text{ V} \cdot 8 \text{ jam}$   
 $= 20 \text{ Wh}$

Dari data energi baterai (Eb) dan energi pengujian generator 24 jam (Eg) serta data pengujian beban listrik pada PLTPH maka sisa energi sistem pada PLTPH yang tersimpan di baterai adalah :

$$\begin{aligned}
 E_s &= (E_b + E_g) - (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \\
 &= (268,8 + 36,68) - (15,49 + 10 + 170,48 + 20) \\
 &= 91,504 \text{ wh}
 \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Sistem yang dibuat pada penelitian ini sudah dapat bekerja. Arus yang dihasilkan generator mengalami kenaikan dan penurunan, hal itu disebabkan oleh debit air yang sedang tidak stabil yang mengakibatkan putaran turbin tidak maksimal, dan bisa juga disebabkan dari rugi arus dan tegangan yang disebabkan oleh penghantar.

Energi yang mengalir pada sistem PLTPH setelah 24 jam pengujian adalah sebesar 91,504 Wh. Energi ini sangat kecil karena arus pengisian baterai atau energi yang dihasilkan oleh generator hanya sebesar 0.13 A sedangkan pemakaian arus untuk sistem PLTPH sebesar 1.26 amper. Dari aliran arus pada sistem tersebut memperlihatkan sistem pengisian arus lebih kecil dibandingkan penggunaan arus pada sistem PLTPH. Laju pengisian arus atau energi yang cukup kecil pada sistem PLTPH disebabkan oleh komponen daya aktif yang masuk ke turbin seperti faktor ketinggian sumber air yang cukup rendah, debit air yang tidak stabil dan efisiensi konverter yang kurang baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahputra, T. M., Syukri, M., & Sara, I. D. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro dengan menggunakan Turbin Ulir. *Jurnal Online Teknik Elektro*, 2(1), 95. <http://repository.its.ac.id/1895/>
- [2] Athifah, N., Qurthobi, A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2017). *Perancangan Alat Uji Efisiensi Pembangkit Listrik Turbin Piko hidro Efficiency Tester Design of Picohydro Power Plant Generator*. 4(3), 3853–3861.
- [3] Nakhoda, E., Sulistiawati, P., & Soetedjo. (2018). *Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Menggunakan Komponen Bekas Dengan Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan Di Desa Gelang Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember E-75*. 4(2502), 99–109.
- [4] Fajri, M. A., Elektro, T., & Sriwijaya, U. (2019). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Menggunakan Program Arduino Uno Pada Penambahan Variasi Aliran Air Dan*. 23–24.
- [5] Ihfazh, N., Waluyo, & Syahrial. (2013). Penerapan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro dengan Turbin Propeller Open Flume TC 60 dan Generator Sinkron Satu Fasa 100 VA di UPI Bandung. *Jurnal Reka Elkomika*, 1(4), 328–338.