

# Pengukuran Arus dan Tegangan pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Debit dan Kecepatan Air

Bayu Dwi Prabowo<sup>1</sup>, Ahmad Faidil<sup>1</sup>, Nur Rani Alham<sup>1</sup>,  
Ira Riyana Sari Siregar<sup>1</sup>, Muhammad Jurdun NA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mulawarman  
bayudpratama74@gmail.com

Received: Maret 2020; Accepted: Mei 2020; Published: Juli 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.30649/j-eltrik.v2i1.55>

## Abstrak

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan dan bahan bakar yang menipis. Negara Indonesia harus memiliki cara untuk mengatasi persediaan energi tersebut. Energi Baru dan Terbarukan (EBT) diharapkan dapat menangani kurangnya persediaan bahan bakar energi dan tidak bergantung dengan energi fosil. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro (PLTMH) adalah contoh simulasi dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dalam skala kecil. Dengan memanfaatkan debit air jatuh untuk memutar turbin dan menggerakkan generator untuk membangkitkan energi listrik. Untuk itu penelitian ini bertujuan sebagai simulasi dari PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro) yang sebenarnya. Dengan menggunakan perbandingan 2 botol yang memiliki saluran berbeda untuk melakukan perbandingan arus dan tegangan yang dihasilkan. Prototipe PLTMH yang digunakan dapat menghasilkan output tanpa beban sebesar 0,029 watt dan 0,0596 watt. Prototipe PLTMH ini juga menghasilkan efisiensi tanpa beban sebesar 18,02% dan 18,48%. Dari uji tersebut diambil kesimpulan bahwa debit, kecepatan dan tekanan air mempengaruhi arus dan tegangan pada sebuah turbin atau pembangkit. Semakin besar debit, kecepatan dan tekanan air maka semakin besar juga energi yang dapat dihasilkan.

**Kata kunci:** PLTMH, Pembangkit, EBT

## Abstract

*Energy demand from year to year has increased and fuel is running low. The Indonesian state must have a way to overcome the energy supply. New and Renewable Energy (EBT) is expected to be able to handle the lack of energy fuel supply and not depend on fossil energy. Prototype of Micro Hydro Power Plant (PLTMH) is a simulation example of New and Renewable Energy (EBT) on a small scale. By utilizing the falling water discharge to turn the turbine and move the generator to generate electricity. For this reason, this study aims to simulate the actual Micro Hydro Power Plant. By using a ratio of 2 bottles that have different channels to make comparisons of current and voltage produced. PLTMH prototype used can produce no-load outputs of 0.029 watts and 0.0596 watts. This PLTMH prototype also produces no-load efficiency of 18.02% and 18.48%. From this test, it can be concluded that the flowrate, velocity and pressure of water affect the current and voltage in a turbine or generator. The greater the discharge, speed and water pressure, the greater the energy that can be produced.*

**Key words:** PLTMH, generator, EBT

## I. PENDAHULUAN

Energi merupakan suatu kebutuhan utama dalam melakukan aktivitas sehari – hari. Energi yang digunakan sebagian besar masih menggunakan energi yang tidak dapat di perbarui. Oleh karena itu, di tengah perkembangan teknologi sekarang manusia lebih berfikir kreatif dan inovatif dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Ketergantungan pembangkit listrik terhadap sumber energi seperti minyak solar, gas alam dan batu bara yang hampir mencapai 75%, mendorong manusia untuk mengembangkan energi baru sebagai upaya untuk memenuhi pasokan listrik dengan menggunakan Energi Baru dan Terbarukan (EBT), seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, sampah, geothermal dan mikrohydro [1]. Saat ini pengembangan EBT mengacu pada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam perpres tersebut disebutkan bahwa kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17%. Mikrohydro menjadi salah satu energi alternatif menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil [2].

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro) adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dengan skala kecil sebagai penggerakannya. Tenaga mikrohydro dapat dibangkitkan dengan skala daya 5 KW – 50 KW [3]. Dengan menggunakan kecepatan dan tekanan air sebagai penggerak turbin air dan generator hingga menghasilkan listrik. Dengan adanya PLTMH di Indonesia dapat mengurangi dan meminimalkan penggunaan energi tak terbarukan yang ada di Indonesia [4].

Untuk itu dengan adanya *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH) sebagai simulasi dari PLTMH yang sebenarnya. Sehingga kita dapat mengetahui dan memprediksi apakah

penggunaan PLTMH dapat menjadi solusi untuk mengatasi kekurangan energi saat ini atau tidak. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat efisiensi pada prototipe PLTMH agar terlihat potensial daya yang dapat dibangkitkan. Pengukuran terkontrol bertujuan untuk melihat daya yang dihasilkan oleh prototype PLTMH dari waktu ke waktu.

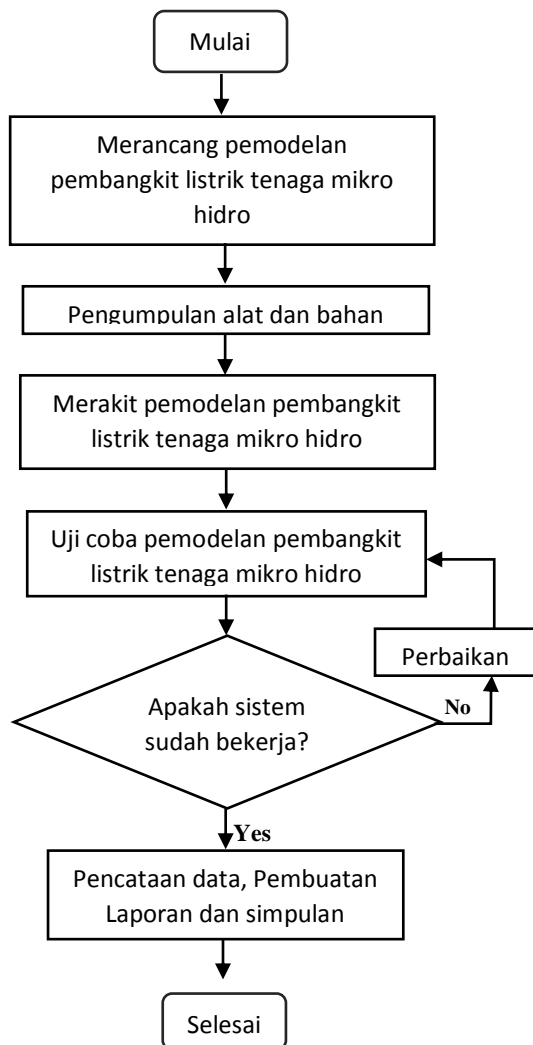
## II. METODE PENELITIAN

### Teknologi Rancangan

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik berskala kecil dengan memanfaatkan tenaga air sebagai penggerakannya. Komponen utama untuk PLTMH yaitu air, turbin dan generator. PLTMH menghasilkan daya kurang dari 1 MW dan dibangun berdasar kenyataan bahwa air yang jatuh dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan tinggi jatuh air atau *head*. PLTMH juga dikenal sebagai *white resources* atau bisa dikatakan sebagai energi putih. Jika ditinjau berdasarkan output daya pembangkit listrik tenaga mikrohydro mampu menghasilkan daya dalam rentang 5 – 100 kW yang berfungsi sebagai pemasok daya listrik yang berjumlah sedikit [5].

Prinsip kerja PLTMH yang akan kami gunakan adalah memanfaatkan jumlah debit air dan kecepatan air yang ada pada air jatuh. Air yang mengalir melalui *intake* atau saluran air akan jatuh hingga memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan energi listrik.

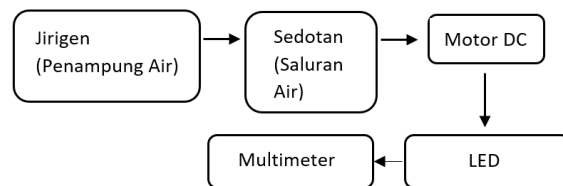
Sistem yang dirancang menggunakan sistem kontrol manual yaitu dengan menggunakan multimeter digital sebagai alat ukurnya dan LED sebagai beban untuk penanda apakah Turbin dan Motor DC bekerja. Untuk wadah penampung air dipasang dengan ketinggian tertentu dan memakai 2 saluran. 2 saluran ini menjadi perbandingan debit dan kecepatan air. Untuk melakukan sebuah pengukuran kami memakai komponen multimeter digital. Multimeter dipasang dengan beberapa waktu hingga air pada penampung habis.



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

#### A. Merancang Pemodelan PLTMH

Perancangan pada pemodelan PLTMH ini meliputi perancangan sistem PLTMH dan perancangan Turbin yang digunakan. Perancangan sistem PLTMH antara lain: Wadah penampung air, ketinggian jatuh air 0,7 meter dan wadah pemasok air dengan volume 10 L. Perancangan kincir meliputi: Panjang kincir dibuat menyesuaikan, lebar kincir menyesuaikan, sudu kincir berbentuk lebar yang dipasang langsung pada Motor DC (Generator) yang digunakan dan berjumlah sudu 4.



**Gambar 2.** Blok Diagram Prototype PLTMH

#### B. Alat Dan Bahan

Komponen utama yang diperlukan :

##### 1. Multimeter Digital



Dengan Spesifikasi :

- Proteksi kelebihan kapasitas ukur
- Layar digital LCD 3.5 digit
- indikasi baterai lemah

##### 2. Motor DC



Dengan Spesifikasi :

- Rated Speed : 100-6000 rev/min

- Output Current : 0,01 – 100 mA
- Output Voltage DC : 0,01 V – 5,5 V
- Blade Aperture : 1,95 mm/ 0,077°
- Blade Diameter : 100mm/3,94°(After Assembling)
- Motor shaft length : 13,5mm/0,53°
- Motor shaft diameter : 2 mm/0,079°
- Motor height : 34,2mm / 1,35°
- Motor diameter : 24,5 mm/0,96°

### 3. Sedotan (Sebagai saluran air)



Dengan spesifikasi :

- Diameter : 0,5 cm
- Jari-jari : 0,25 cm

### 4. Jirigen (Sebagai Penampung air)



Dengan spesifikasi :

- Volume 10 Liter

### 5. LED



Dengan Spesifikasi:

- Tegangan : 1,6 V

### C. Merakit Desain Pemodelan PLTMH

Desain pemodelan PLTMH meliputi: Turbin dengan penopangnya, wadah penampung air, saluran air berupa sedotan, Motor DC, lampu LED dapat sebagai beban, Multimeter sebagai alat ukur arus dan tegangan.

### D. Mengamati dan Mencatat Hasil Pengamatan

Mengamati apakah system dapat berjalan dan sesuai yang diharapkan. Setelah sesuai yang diharapkan selanjutnya diamati dan dilihat hasil pengukuran arus dan tegangan oleh multimeter digital. Jika telah berjalan secara konstan catat yang dihasilkan oleh multimeter.

Persamaan rumusnya dapat dijabarkan seperti ini :

Energi yang dapat dibangkitkan Prototipe Pada 1 Saluran Air PLTMH :

$$P = Q \times g \times \rho \times H \quad (1)$$

$$= 1000 \times 9,8 \times 0,7 \times (0,024 \times 10^{-3})$$

$$= 0,16464 \text{ Watt}$$

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$Q = \text{Debit Air (m}^3/\text{s)}$$

$$g = \text{Percepatan Gravitasi (9,8 m/s}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air (1000 Kg/m}^3\text{)}$$

$$H = \text{Ketinggian Efektif (m)}$$

Energi yang dapat dibangkitkan Prototipe Pada 2 Saluran Air PLTMH :

$$P = \rho \times g \times H \times Q \quad (2)$$

$$= 1000 \times 9,8 \times 0,7 \times (0,047 \times 10^{-3})$$

$$= 0,32242 \text{ Watt}$$

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$Q = \text{Debit Air (m}^3/\text{s)}$$

$$g = \text{Percepatan Gravitasi (9,8 m/s}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air (1000 Kg/m}^3\text{)}$$

$$H = \text{Ketinggian Efektif (m)}$$

Energi yang dapat dibangkitkan untuk menghidupkan Lampu LED :

$$P = V \times I \quad (3)$$

$$P = 1,6 \text{ V} \times 0,01 \text{ A}$$

$$P = 0,016 \text{ Watt}$$

### Perhitungan Daya :

$$P = V \times I \quad (4)$$

Diketahui :

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{arus (Ampere)}$$

**Perhitungan Debit Air**

$$Q = V/t \quad (5)$$

Diketahui :

$$Q = \text{Debit Air (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{Waktu (s)}$$

**Perhitungan Kecepatan Air**

$$v = Q/A \quad (6)$$

Diketahui :

$$Q = \text{Debit Air (m}^3/\text{s)}$$

$$v = \text{Kecepatan Air Jatuh (m/s)}$$

$$A = \text{Luas Lingkaran Saluran Air (m}^2\text{)}$$

**Debit Air dan Kecepatan Air Pada 2 Saluran Air tanpa beban :**

$$Q = V_0 / t \quad (11)$$

$$Q = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{210 \text{ s}} = 0,047 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = Q/A \quad (12)$$

$$v = \frac{0,047 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{19625 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \times 2} = 1,1 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{out}} = V \times I \quad (13)$$

$$= 2,98 \times (0,02)$$

$$= 0,0596 \text{ Watt}$$

$$\text{Efisiensi} = P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100\% \quad (14)$$

$$= 0,0596 / 0,32242 \times (100)\%$$

$$= 18,48\%$$

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam melakukan uji prototype PLTMH yang kami lakukan kami telah membuat rancangan awal berdasarkan debit air serta ketinggian dari titik jatuh air. Sehingga nantinya dapat terlihat daya yang dibangkitkan oleh suatu motor DC atau generator tersebut. Dalam melakukan suatu rancangan yang perlu di cari terlebih dahulu adalah nilai dari debit air, luas saluran air, ketinggian efektif, dan volume air yang ingin dipakai.

**Debit Air dan Kecepatan Air Pada 1 Saluran Air tanpa beban:**

$$Q = V_0 / t \dots\dots\dots (7)$$

$$Q = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{405 \text{ s}} = 0,024 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = Q/A \dots\dots\dots (8)$$

$$v = \frac{0,024 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{19625 \times 10^{-9} \text{ m}^2} = 1,2 \text{ m/s}$$

$$P_{\text{out}} = V \times I \dots\dots\dots (9)$$

$$= 2,283 \times (0,013)$$

$$= 0,029679 \text{ Watt}$$

$$\text{Efisiensi} = P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100\% \quad (10)$$

$$= 0,029679 / 0,16464 \times (100)\%$$

$$= 18,02\%$$

**Daya out Air Pada 1 Saluran Air dengan beban :**

$$P_{\text{out}} = V \times I \quad (15)$$

$$= 1,846 \times 0,01$$

$$= 0,01846 \text{ Watt}$$

**Daya out Air Pada Saluran Air 2 dengan beban :**

$$P_{\text{out}} = V \times I \quad (16)$$

$$= 1,896 \times 0,01$$

$$= 0,01896 \text{ Watt}$$

**A. Analisis Energi Dari Perbedaan Saluran Dan Debit Air Tanpa Beban**

Pada Tabel 1. Hasil pengukuran pada 1 lubang saluran air didapatkan waktu sekitar 6 menit. Pada menit ke 1, didapatkan hasil tegangan sebesar 2,425 V dan arus sebesar 0,02 A. Pada menit ke 2, di dapatkan hasil tegangan sebesar 2,355 V dan arus sebesar 0,02 A. Pada menit ke 3 didapatkan hasil tegangan sebesar 2,32 Volt dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 4, didapatkan hasil tegangan sebesar 2,30 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 5, didapatkan hasil tegangan sebesar 2,25 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 6, didapatkan hasil tegangan sebesar

2,05 V dan arus sebesar 0,01 A. Rata-rata tegangan pada hasil pengukuran 1 lubang saluran sebesar 2,283 V dan rata-rata arus sebesar 0,013 Ampere.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran pada 1 lubang saluran tanpa beban

No.	Menit ke-	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	2,425	0,02
2	2	2,355	0,02
3	3	2,32	0,01
4	4	2,30	0,01
5	5	2,25	0,01
6	6	2,05	0,01
<b>Rata – Rata</b>		2,283	0,013

Pada percobaan kedua kami menggunakan 2 lubang saluran untuk aliran air sehingga, kami dapat membandingkan antara Tabel 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 2 kami mendapatkan percobaan pada waktu sekitar 3 menit. Pada menit ke- 1 di dapatkan tegangan sebesar 3,14 V dan arus sebesar 0,02 A. Pada menit ke-2 di dapatkan tegangan sebesar 2,975 V dan arus sebesar 0,02 A. Pada menit ke-3 di dapatkan tegangan sebesar 2,98 V dan arus sebesar 0,02 A. Rata-rata untuk tegangan pada 2 lubang saluran sebesar 2,98 V dan arus sebesar 0,02 A.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran pada 2 lubang saluran tanpa beban

No.	Menit Ke-	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	3,14	0,02
2	2	2,975	0,02
3	3	2,825	0,02
<b>Rata – Rata</b>		2,98	0,02

Dari data didapat sejumlah perbedaan debit dan kecepatan air yang dihasilkan karena saluran air yang dipakai juga

berbeda dimana debit air pada saluran pertama jauh lebih kecil dibanding saluran air kedua. Kecepatan air pada saluran pertama lebih besar dibanding saluran kedua. Kemudian didapatkan nilai efisiensi saluran pertama yaitu 18,02% dan pada 2 saluran didapatkan nilai efisiensi 18,48%. Nilai efisiensi yang didapatkan tidak jauh berbeda antara 1 saluran dan 2 saluran.

Nilai daya bernilai kecil pada prototipe disebabkan karena debit dan tekanan air yang kecil sehingga putaran turbin tidak sempurna. Sehingga didapatkan nilai output atau keluaran yang kecil dan tidak sesuai dengan rancangan. Percobaan yang dilakukan ini dapat dianalisis berdasarkan debit dan tekanan air yang dihasilkan. Jika debit air dengan tekanan yang besar maka memungkinkan untuk membangkitkan daya yang besar.

## B. Analisis Energi Dari Perbedaan Saluran Dan Debit Air Dengan Beban

Pada Tabel 3. Hasil pengukuran pada 1 lubang saluran air dengan beban didapatkan waktu sekitar 6 menit. Pada menit ke 1, didapatkan hasil tegangan sebesar 1,87 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 2, di dapatkan hasil tegangan sebesar 1,87 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 3 didapatkan hasil tegangan sebesar 1,87 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 4, didapatkan hasil tegangan sebesar 1,865 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 5, didapatkan hasil tegangan sebesar 1,825 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke 6, didapatkan hasil tegangan sebesar 1,78 V dan arus sebesar 0,01 A. Dengan rata-rata tegangan pada pengukuran 1 lubang saluran dengan beban sebesar 1,846 V dan rata-rata arus sebesar 0,01 Ampere.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran pada 1 saluran dengan beban

No.	Menit ke-	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	1,87	0,01
2	2	1,87	0,01
3	3	1,87	0,01
4	4	1,865	0,01
5	5	1,825	0,01
6	6	1,78	0,01
Rata – rata		1,846	0,01

Pada percobaan kedua kami menggunakan 2 lubang saluran untuk aliran air dengan beban sehingga, kami dapat membandingkan antara Tabel 3 dan Tabel 4. Pada Tabel 4 kami mendapatkan percobaan pada waktu sekitar 3 menit. Pada menit ke-1 di dapatkan tegangan sebesar 1,92 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke- 2 di dapatkan tegangan sebesar 1,92 V dan arus sebesar 0,01 A. Pada menit ke- 3 di dapatkan tegangan sebesar 1,85 V dan arus sebesar 0,01 A. Dengan rata-rata tegangan pada 2 lubang saluran sebesar 1,896 V dan arus sebesar 0,01 A.

**Tabel 4.** Hasil Pengukuran pada 2 saluran dengan beban

No.	Menit ke-	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	1,92	0,01
2	2	1,92	0,01
3	3	1,85	0,01
Rata – rata		1,896	0,01

Pada percobaan dengan menggunakan beban dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan pada 1 saluran dan 2 saluran adalah 0,01846 watt dan 0,0189 watt dengan nilai daya demikian maka daya dari prototipe tersebut telah dapat menghidupkan sebuah lampu berdaya 0,016 watt sehingga lampu dapat dikatakan menyala dengan baik. Dari sini dapat dikatakan juga bahwa prototipe ini sudah dapat berjalan

dengan baik dan dapat diaplikasikan pada skala yang lebih besar.

Untuk itu potensi untuk PLTMH haruslah memiliki debit air dan tekanan yang besar sehingga dapat memutar turbin secara sempurna. Untuk PLTMH yang diambil dari suatu ketinggian harus memperhitungkan ketinggian air karena semakin tinggi air yang jatuh maka tekanan airnya akan semakin besar.

#### IV. SIMPULAN

Kesimpulannya dari percobaan ini adalah

1. Debit, kecepatan dan tekanan air mempengaruhi arus dan tegangan pada sebuah turbin atau pembangkit. Tetapi yang paling mempengaruhi adalah debit air dan tekanan air yang jatuh untuk pemutaran sebuah turbin dari suatu ketinggian.
2. Efisiensi dari prototipe PLTMH dari 1 saluran dan 2 saluran adalah 18,02% dan 18,48% sehingga dengan efisiensi tersebut belum dapat berpotensi untuk menggunakan PLTMH dengan menggunakan tinggi dan debit air yang kecil dalam skala besar. Sehingga perlu debit dan tekanan air yang besar agar dapat diaplikasikan dalam skala besar.
3. PLTMH dapat dijadikan sebagai salah satu Energi Baru Terbarukan di Indonesia karena berpotensi diterapkan di wilayah-wilayah yang memiliki debit dan tekanan air yang besar. Harapannya dengan prototipe ini dapat menjadi alat atau simulasi untuk memulai sebuah projek Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro (PLTMH) berskala besar agar dapat digunakan sebagai sumber Energi Baru Terbarukan di Indonesia.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Pengukuran Arus dan Tegangan pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH) Berdasarkan Debit dan Kecepatan Air mengucapkan terima kasih kepada semua pihak dan rujukan-rujukan tulisan ilmiah yang telah membantu dan memberikan saran dalam membuat prototipe ini guna sebagai simulasi untuk Energi Baru Terbarukan sehingga simulasi prototipe ini dapat dituangkan dalam bentuk tulisan dan diinformasikan dalam bentuk jurnal.

### V. RUJUKAN

- [1] U.R.H. Jawadz, H. Prasetyo, dan W. H. Purnomo, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Aliran Sungai Desa Kejawar Banyumas", *Dinamika Rekayasa*. 15(1): 11-24, 2019.
- [2] A. Bahri, "Merancang dan Mengimplementasikan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Universitas Udayana", *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. Vol :16. Hal 43- 47, 2017.
- [3] O.S. Pratama, A. Sukandi, dan P.M. Santika, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) di Desa Makati Gunung Salak Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Jurnal Teknik Mesin*. 1(2): 46-53, 2017.
- [4] Jumadi, F. Amir, "Perencanaan dan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro Jenis Crossflow", *Jurnal Polimesin*. 15(1): 30-32, 2017.
- [5] W. Hayam, A. Daud, M.B.A Amin, "Kajian Teknis dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH) di Sungai Lematang Kota Pagar Alam", 4(1) : 34, 2015.