

## Analisa Pengaruh Jumlah Sudu dan Model Sudu Terhadap Daya Turbin *Undershot* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Resnandi Hendrawan<sup>1</sup>, Novia Utami Putri<sup>2\*</sup>, Ernando Rizki Dalimunthe<sup>3</sup>, Dwi Agus Riyanto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Teknokrat Indonesia; Jl. ZA. Pagar Alam No.9 -11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung; Lampung 35132;

<sup>2\*</sup> Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomotif, Jurusan Teknik Politeknik Negeri Lampung; Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141;

<sup>3</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Teknokrat Indonesia; Jl. ZA. Pagar Alam No.9 -11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung; Lampung 35132;

<sup>4</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Sekeloa Tinggi Teknologi Nusantara; Gg. Sapta Marga Baru, Way Dadi, Kec. Sukarame, Kota Bandar Lampung, Lampung 35131;

Received: 07-07-2025  
Accepted: 24-07-2025

**Keywords:**  
Prototype;  
Water Turbin;  
Number of Spoons;  
Undershot.

**Correspondent Email:**  
[noviautami@polinela.ac.id](mailto:noviautami@polinela.ac.id)

**Abstrak.** Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energinya. Tenaga pada penggerak turbin PLTMH adalah berupa aliran air yang berasal dari saluran irigasi dan sungai. Turbin undershot merupakan jenis turbin air yang memanfaatkan aliran sungai atau saluran irigasi sebagai penggerak pada turbin undershot. Pada penelitian ini, dari permasalahan yang digunakan pada turbin undershot agar mendapatkan hasil yang maksimal sehingga peneliti merancang suatu prototype PLTMH dengan menganalisa pengaruh jumlah sudu dan model sudu turbin terhadap daya yang dihasilkan generator pada turbin undershot pembangkit listrik tenaga mikro hidro sehingga akan diketahui pada jumlah sudu 12, 14, 18 dan model sudu segitiga yang mendapatkan output PLTMH yang lebih baik. Pada penelitian ini jumlah sudu 14 yang terbaik dengan tegangan yang dihasilkan 9,4 volt, arus 0,96 ampere dan daya 9,02 watt.

**Abstract.** Micro Hydro Power Plant is a small scale power plant that uses hydropower as its energy source. The power to drive the PLTMH turbine is in the form of water flow originating from irrigation canals and rivers. The undershot turbine is a type of water turbine that utilizes river flow or irrigation channels as the driving force for the undershot turbine. In this research, based on the problems used in undershot turbines in order to get maximum results, the researcher designed a PLTMH prototype by analyzing the effect of the number of blades and the turbine blade model on the power produced by the generator in the undershot turbine of a micro hydro power plant so that it would be known that the number of blades was 12, 14, 18 and the triangular blade model which obtains better PLTMH output. In this study, the number of blades was 14 which was the best with a resulting voltage of 9.4 volts, a current of 0.96 amperes and a power of 9.02 watts.

## 1. PENDAHULUAN

Di wilayah Indonesia, memiliki banyak energi yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi listrik salah satunya ialah saluran irigasi dan sungai yang banyak tersebar di daerah pegunungan. Di daerah pegunungan yang belum terdapat saluran listrik dapat memanfaatkan aliran irigasi yang biasanya mengalir dari perkebunan yang berakhir di persawahan yang ada, listrik tersebut dapat digunakan untuk membantu kegiatan para petani dalam berkebun seperti memberi penerangan di malam hari dapat menghidupkan lampu. Aliran irigasi tersebut dapat dimanfaatkan menggunakan Pembangkit Listrik tenaga Mikro Hidro.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energinya. Tenaga pada penggerak turbin PLTMH adalah berupa aliran air yang berasal dari saluran irigasi dan sungai [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro memiliki beberapa komponen utama seperti energi kinetik, turbin, dan generator, dari beberapa komponen yang memiliki peran penting yaitu turbin [2].

Turbin merupakan alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan cara merubah energi kinetik menjadi energi mekanik, dimana air dapat memutar roda turbin. Energi tersebut selanjutnya akan diubah menjadi energi listrik melalui generator. Turbin *undershot* merupakan tipe turbin air yang memanfaatkan aliran sungai atau saluran irigasi sebagai penggerak pada turbin *undershot*. Turbin *undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air [3].

Untuk menghasilkan efisiensi dan unjuk kerja turbin yang optimal maka turbin air tersebut perlu di desain sedemikian rupa agar bekerja secara optimal. Turbin air banyak mempunyai keuntungan diantaranya pemasangannya murah dan periode kembalinya investasi cepat, kincir air ini ramah terhadap habitat ikan dan tidak membutuhkan bendungan penyimpanan air yang besar. Selain itu, karena bentuknya yang sederhana turbin *undershot* merupakan turbin yang ekonomis. Kinerja dari sebuah turbin air dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya adalah bentuk

geometri sudu, kecepatan aliran air, jumlah sudu yang terpasang [4].

Adapun penelitian sebelumnya, jumlah sudu yang digunakan 8, 14 dan 18, pada penelitian ini dengan jumlah sudu 8 menghasilkan tegangan 3,5 Volt, arus 0,0875 Amper, jumlah sudu 14 menghasilkan tegangan 4,5 Volt, arus 0,0875 Amper, dan jumlah sudu 18 menghasilkan tegangan 5,5 Volt, arus 0,0875 Ampere [5]. Dengan menganalisa pengaruh jumlah sudu dan model sudu turbin segitiga terhadap daya yang dihasilkan generator pada turbin *undershot*, pada jumlah berapa sudu 12, 14, 18 dan model sudu segitiga yang terbaik untuk memutar turbin dan didapatkan *output* PLTMH yang lebih maksimal, yang nantinya akan berguna sebagai acuan dalam pembangunan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin *undershot* dengan potensi yang ada.

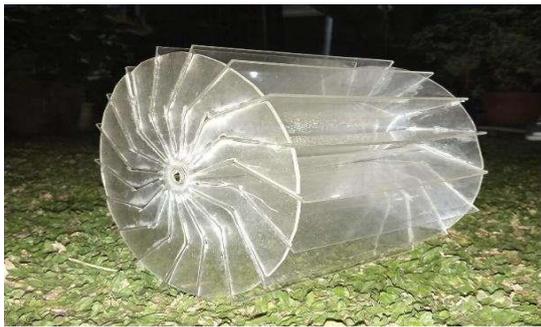
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) atau disebut juga dengan mikrohidro adalah suatu instalasi pembangkit listrik tenaga air skala kecil dengan kapasitas pembangkitan rendah yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya seperti sungai, saluran irigasi, air terjun dengan memanfaatkan tinggi terjunan [6]. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memanfaatkan energi potensial jatuh air dan jumlah debit air yang disalurkan pada pipa pesat, dimana semakin tinggi jatuh air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik [7].

### 2.2. Turbin

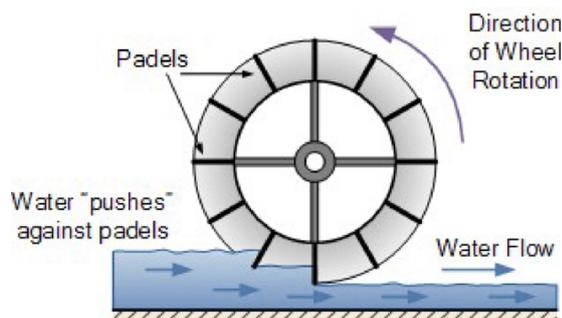
Turbin air didefinisikan sebagai turbin dengan media kerja air. Secara umum turbin adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap (*stationary blade*), tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran air. Adapun jenis turbin yang berdasarkan susunan porosnya adalah turbin poros horizontal, turbin poros vertical [8].



Gambar. 1 Turbin

### 2.3. Turbin Undershot

Turbin yang digunakan berbahan Akrilik dengan memiliki jumlah bilah sudu 12, 14 dan 18. Cara kerja turbin *undershot* adalah apabila air mengalir menghantam bilah dinding sudu yang terletak pada bagian bawah turbin akan berputar.



Gambar. 2 Turbin Undershot [9]

### 2.4. Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Berdasarkan cara kerjanya memberikan *fluks* pada kumparan medannya, generator dc dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu generator penguat terpisah dan generator penguat sendiri [10].



Gambar. 3 Generator DC [11]

### 2.5. LED (Light Emitting Diode)

LED merupakan singkatan dari Light Emitting Diode. LED sendiri ialah semi konduktor yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya pada saat alat tersebut dialiri arus listrik. LED disini merupakan lampu yang dimana sumber cahayanya tidak lain berasal dari kumpulan LED [12]. LED dapat dilihat pada Gambar 4.

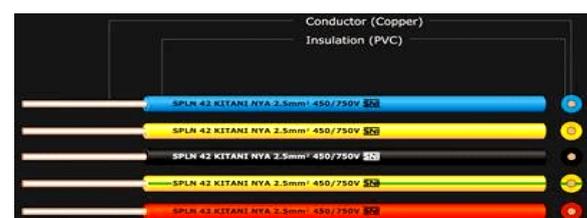


Gambar. 4 LED (Light Emitting Diode)[13]

Karena lampu ini akan difungsikan sebagai penerangan di malam hari. Dari perbandingan dengan lampu TL dan pijar, LED jelas memberikan dampak lebih baik diantara yang lain.

### 2.6. Kabel NYA

Kabel NYA biasanya untuk digunakan dalam instalasi PLTMH, Secara umum pengertian kabel adalah sebagai media penghantar tenaga listrik dari sumber tegangan listrik ke peralatan yang menggunakan tenaga listrik atau menghubungkan suatu peralatan listrik dengan peralatan listrik lainnya [14]. Kabel NYA dapat dilihat pada Gambar 5. Kabel memiliki beraneka ragam, khusus sebagai penghantar arus listrik, umumnya terbuat dari tembaga dan dilapisi dengan pelindung. Pelindung kabel memiliki bermacam warna yaitu merah, kuning, biru, hitam dan kuning strip hijau.

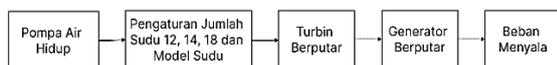


Gambar 5. Kabel NYA [15]

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Alat

Adapun Blok diagram Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok

Diagram blok dapat diketahui bahwa pompa hidup akan mengalirkan aliran air kemudian mengenai sudu turbin yang dapat menyebabkan putaran pada turbin, kemudian turbin di *couple* dengan generator, sehingga dari putaran turbin dan generator mengalirkan energi listrik yang dapat menghasilkan arus listrik dan tegangan listrik yang kemudian dari energi listrik tersebut dapat menghidupkan beban. Beban yang digunakan adalah lampu 12v DC.

#### 3.2 Perancangan Mekanik

Desain perancangan mekanik pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Mekanik Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Perancangan mekanik ini digambar dengan menggunakan software *Autocad* untuk memudahkan pembuatan konstruksi PLTMH sesuai perencanaan desain gambar dan skala yang telah diketahui ukurannya.

#### 3.3 Perhitungan PLTMH

Analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang telah terkumpul setelah melakukan penelitian dan memperoleh data. Penelitian ini menggunakan metode analisis

deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

Untuk perhitungan data yang telah diambil, rumus-rumus yang diperlukan adalah rumus daya seperti persamaan (1), rumus TSR seperti persamaan (2), dan rumus koefisien daya (CP) seperti persamaan (3) sebagai berikut : [16].

$$P_{generator} = V.I \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:  
 $P_{generator}$  = daya motor listrik (W)  
 $V$  = tegangan motor listrik (volt)  
 $I$  = arus listrik (ampere)

$$\lambda = \frac{U}{v} = \frac{\omega.R}{v} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:  
 $\lambda$  = tip speed ratio  
 $\omega$  = kecepatan sudut rotor (rad/s)  
 $R$  = jari-jari turbin (m)  
 $v$  = kecepatan air (m/s)

$$Cp = \frac{P}{P_w} = \frac{V.I}{\frac{1}{2}\rho A v^3} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:  
 $P_w$  = daya air  
 $A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

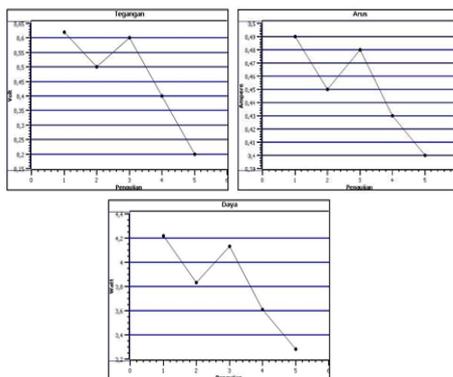
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Turbin 12 Sudu Segitiga

Hasil pengujian turbin ini guna untuk mengetahui perbandingan tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan dari turbin jumlah sudu 12. Berikut ini Tabel 1. dan Gambar 8. hasil pengujian turbin dengan jumlah sudu 12.

Tabel 1. Hasil Pengujian Turbin 12 sudu

Pengujian	Tegangan	Arus	Daya
1	8,62	0,49	4,22
2	8,5	0,45	3,83
3	8,6	0,48	4,13
4	8,4	0,43	3,61
5	8,2	0,40	3,28



Gambar 8. Hasil Grafik turbin 12 sudu

Berdasarkan data yang telah diambil diubah menjadi grafik pada gambar 8, telah dilakukan pengujian tegangan, arus dan daya sebanyak 5 kali dengan jumlah sudu 12. Pengujian pertama menghasilkan nilai tegangan, arus dan daya sebesar 8,62V, 0,49A dan 4,22W. Pengujian kedua menghasilkan nilai tegangan 8,5V, 0,45A dan 3,83W. Pengujian yang ketiga menghasilkan nilai tegangan 8,6V, 0,48A dan 4,13W. Pengujian keempat menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 8,4V, 0,43A dan 3,61W. dan pengujian yang kelima menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 8,2V, 0,40A dan 3,28W.

Perubahan tegangan, arus dan daya pada setiap pengujian pengambilan data dipengaruhi dari adanya aliran air yang tidak mengenai bilah sudu dengan merata, bila tegangan dan arus mencapai nilai terbaik dikarenakan aliran air mendorong turbin dengan merata mengakibatkan putaran pada turbin dan generator menjadi cepat dan menghasilkan tegangan puncak, bila tegangan menurun dikarenakan adanya aliran air yang terbuang mengakibatkan putaran pada turbin menjadi lambat. Pada tiap bilah sudu memiliki rongga pada bagian bilah sudu ke poros atau as pada turbin.

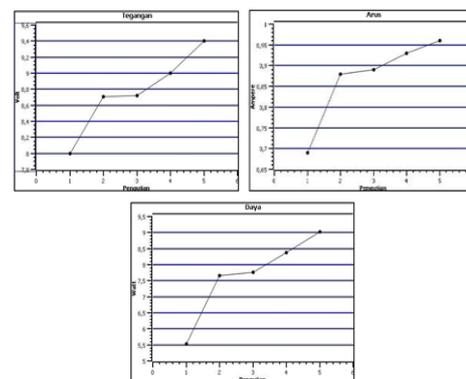
Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diperoleh nilai tertinggi dari sudu 12 pada pengujian yang pertama dengan nilai tegangan 8,62V arus 0,49A dan daya 4,22W, sedangkan nilai terendah pada pengujian yang ke lima dengan nilai tegangan 8,2V, arus 0,40A dan daya 3,28W.

#### 4.2 PENGUJIAN TURBIN 14 SUDU SEGITIGA

Pengujian turbin 14 sudu yang telah dilakukan menghasilkan data grafik seperti Tabel 2. Dan Gambar 9. dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Turbin 14 sudu

Pengujian	Tegangan	Arus	Daya
1	8,0	0,69	5,52
2	8,71	0,88	7,66
3	8,72	0,89	7,76
4	9,0	0,93	8,37
5	9,4	0,96	9,02



Gambar 9. Hasil Grafik turbin 14 sudu

Berdasarkan data yang telah diambil diubah menjadi grafik pada gambar 9, telah dilakukan pengujian tegangan, arus dan daya sebanyak 5 kali dengan jumlah sudu 14. Pengujian pertama menghasilkan nilai tegangan, arus dan daya sebesar 8,0V, 0,69A dan 5,52W. Pengujian kedua menghasilkan nilai tegangan 8,71V, 0,88A dan 7,66W. Pengujian yang ketiga menghasilkan nilai tegangan 8,72V, 0,89A dan 7,76W. Pengujian keempat menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 9,0V, 0,93A dan 8,37W. dan yang kelima menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 9,4V, 0,96A dan 9,02W.

Perubahan tegangan, arus dan daya pada setiap pengujian pengambilan data dipengaruhi dari adanya aliran air yang tidak mengenai bilah sudu dengan merata, bila tegangan dan arus mencapai nilai terbaik dikarenakan aliran air mendorong turbin dengan merata mengakibatkan putaran pada turbin dan generator menjadi cepat dan menghasilkan tegangan puncak, bila tegangan menurun dikarenakan adanya aliran air yang terbuang mengakibatkan putaran pada turbin menjadi lambat. Pada tiap bilah sudu memiliki rongga pada bagian bilah sudu ke poros atau as pada turbin.

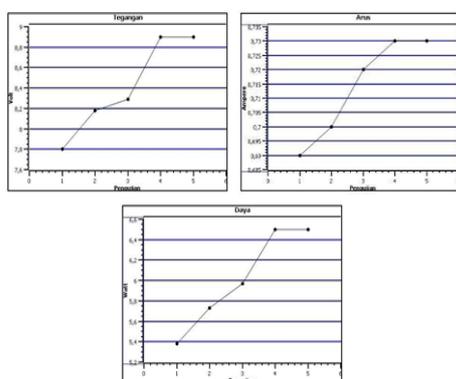
Berdasarkan hasil analisis tersebut diperoleh nilai tertinggi dari sudu 14 pada pengujian kelima dengan nilai tegangan 9,4V, arus 0,96A dan daya 9,02W, sedangkan nilai terendah pada pengujian pertama dengan nilai tegangan 8,0V, arus 0,69A dan daya 5,52W.

### 4.3 Pengujian Turbin 18 Sudu Segitiga

Pengujian turbin 18 sudu yang telah dilakukan menghasilkan data grafik seperti Tabel 3. Dan Gambar 10.

Tabel 3. Hasil Pengujian Turbin 18 sudu

Sudu	Pengujian	Tegangan	Arus	Daya
18	1	7,8	0,69	5,38
	2	8,18	0,70	5,73
	3	8,29	0,72	5,97
	4	8,9	0,73	6,50
	5	8,9	0,73	6,50



Gambar 10. Hasil Grafik turbin 18 sudu

Berdasarkan data yang telah diambil dan diubah menjadi grafik pada gambar 10, telah dilakukan pengujian tegangan, arus dan daya

sebanyak 5 kali dengan jumlah sudu 18. Pengujian pertama menghasilkan nilai tegangan, arus dan daya sebesar 7,8V, 0,69A dan 5,38W. Pengujian kedua menghasilkan nilai tegangan 8,18V, 0,70A dan 5,73W. Pengujian yang ketiga menghasilkan nilai tegangan 8,29V, 0,72A dan 5,97W. Pengujian keempat menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 8,9V, 0,73A dan 6,50W. Dan yang kelima menghasilkan nilai tegangan arus dan daya 8,9V, 0,73A dan 6,50W.

Perubahan tegangan, arus dan daya pada setiap pengujian pengambilan data dipengaruhi dari adanya aliran air yang tidak mengenai bilah sudu dengan merata, bila tegangan dan arus mencapai nilai terbaik dikarenakan aliran air mendorong turbin dengan merata mengakibatkan putaran pada turbin dan generator menjadi cepat dan menghasilkan tegangan puncak, bila tegangan menurun dikarenakan adanya aliran air yang terbuang mengakibatkan putaran pada turbin menjadi lambat. Pada tiap bilah sudu memiliki rongga pada bagian bilah sudu ke poros atau as pada turbin Pada pengujian sudu 18 mendapatkan hasil nilai tertinggi pada pengujian yang ke 4 dan 5 dengan nilai tegangan 8,9V, arus 0,73A dan daya 6,50W, sedangkan nilai terendah pada pengujian pertama dengan nilai tegangan 7,8V, arus 0,69A dan daya 5,38W.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian turbin dengan sudu 12,14 dan 18 memiliki jari jari yang sama, sehingga variabel yang membedakan dari ketiga itu ialah jumlah sudu, penambahan jumlah sudu mempengaruhi kinerja turbin berputar semakin meningkat. Sehingga jumlah tegangan dan arus yang paling tinggi adalah pada turbin dengan sudu 14 dibandingkan dengan jumlah sudu yang lainnya, dengan tegangan yang dihasilkan 9,4 Volt, arus 0,96 Ampere dan Daya 9,02 Watt.

- Pada penelitian selanjutnya dapat memilih tempat aliran yang deras agar dorongan turbin berputar lebih cepat.
- Mengurangi resiko terbuangnya air yang tidak terkena bilah turbin bagian bawah dan samping, atau bisa menyesuaikan ukuran turbin dengan irigasi yang dibuat.
- Membuat konstruksi pembangkit agar presisi supaya memanfaatkan celah yang

- tidak terpakai dan tidak menghambat gerak pada generator yang digunakan.
- d. Dan menggunakan generator yang lebih baik supaya mendapat daya yang lebih maksimal.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Program, S. Teknik, F. Teknik, and U. Udayana, "PENGARUH JUMLAH SUDU PADA PROTOTYPE PLTMH".
- [2] P. Studi, T. Konversi, J. T. Mesin, and P. Negeri, "RANCANG BANGUN KINCIR AIR TIPE UNDERSHOT DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU DATAR," vol. 2, pp. 1–9, 2021.
- [3] A. Yani and R. Erianto, "PENGARUH VARIASI BENTUK SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN AIR KINETIK ( Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan )," vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [4] U. Kerja, K. Air, and R. Soenoko, "BUTTERFLY GUIDE TERHADAP," no. June, pp. 653–661, 2021.
- [5] S. Suratmaja, M. C. H. Putra, J. B. Soares, and E. Y. Setyawan, "Optimalisasi Kinerja Kincir Air Dengan Menggunakan Material Aluminium Tipe Undershot," vol. 1, pp. 42–47, 2020.
- [6] J. R. Material and M. Energi, "FT-UMSU FT-UMSU," vol. 3, no. 2, pp. 103–111, 2020.
- [7] I. G. P. Andhita Mahayana, L. Jasa, and I. G. N. Janardana, "Rancang Bangun Prototype Pltmh Dengan Turbin Pelton Sebagai Modul Praktikum," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, p. 35, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i04.p5.
- [8] I. G. N. Saputra, L. Jasa, and I. W. A. Wijaya, "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, pp. 161–172, 2020.
- [9] S. Nasional and T. Riset, "Pemanfaatan energi air pada," vol. 9, no. 1, pp. 523–531, 2023.
- [10] W. Setiawan, D. Setiawan, and A. Atmam, "Sistem Sistem Pengendalian Generator DC Eskitasi Terpisah Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)," *J. Tek.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.31849/teknik.v15i1.6119.
- [11] F. Apriansyah, A. Rusdinar, and D. Darlis, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (Pltmh) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal," *e-Proceeding Eng. Telkom Univ.*, vol. 3, no. 1, pp. 57–64, 2016.
- [12] B. Pamuji *et al.*, "2512-Article Text-1327-1-10-20231012".
- [13] F. Husnayain, D. S. Himawan, and A. R. Utomo, "Analisis Perbandingan Kinerja Lampu LED, CFL, dan Pijar Pada Sistem Penerangan Kantor," *Cyclotron*, vol. 6, no. 01, pp. 78–83, 2023.
- [14] E. Dermawan, M. A. Firdaus, and A. I. Ramadhan, "Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Kabel 'Nya,'" *J. Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 93, 2016, doi: 10.24853/jurtek.8.2.93-100.
- [15] E. Emidiana and M. Widodo, "Karakteristik Kabel Yang Di Tekuk Saat Di Aliri Arus," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 155, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.2121.
- [16] A. K. Sarkar Phyllis, G. Tortora, and I. Johnson, "Twist Angle," *Fairchild Books Dict. Text.*, pp. 143–154, 2022, doi: 10.5040/9781501365072.17078.