



JASEE

Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Portable Menggunakan Metode Archimedes Screw Pada Daerah Pedalaman Papua

Melianus Tebai¹, Fachrudin Hunaini², Mohammad Mukhsim³

^{1,2,3}Universitas Widyagama, Indonesia

Corresponding email: melianustebai@gmail.com

Abstract

In the interior of Papua Indonesia, many sources of water flow can be used for electricity generation. It is advantageous to help people who live without electricity. One of them is in the Sami Province area, which has a water flow with an average water discharge in the ditch of 2.46 m³/sec. This study proposes a micro hydropower plant using an Archimedes screw turbine. We then measure how much voltage, current, and power the generator produces. Tests of the Archimedes screw turbine were carried out in the river with three different turbine variations. Turbine one has an angular distance of 16 cm with a diameter of 15 cm, turbine two has an angular distance of 14.5 cm with a diameter of 14 cm with two blades, while turbine three has a blade distance of 13 cm with a diameter of 18 cm. The best results are produced by turbine two with Archimedes Screw, which has two blades, 14.5 cm angle distance, and six angles with a rotation of 158.8 rpm.

Keywords: micro hydropower plant, Archimedes screw turbine, water flow, electricity generation

p-ISSN : 2721-3625

e-ISSN : 2721-320X

1. PENDAHULUAN

Papua memiliki wilayah yang luas dan potensi alam yang melimpah seperti air, angin, matahari, dan batu bara yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi, di pedalaman Papua banyak aliran air yang belum dimanfaatkan dan banyak daerah yang belum mendapatkan penerangan lampu secara utuh, rata rata debit air pada parit di kabupaten Sarmi Provinsi Papua 2,46 m³/dt [1]. Air sangatlah penting untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi penerangan lampu. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah salah satu pilihan untuk penyediaan listrik ke desa-desa terutama yang tidak terhubung dengan jaringan PLN [2]. Pada dasarnya mikrohidro memanfaatkan potensi air terjun. Semakin tinggi air terjun maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Prinsip pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah menggunakan total debit air yang mengalir pada aliran sungai, air terjun, atau drain dan menggunakan perbedaan ketinggian aliran air. Aliran air yang berdampak pada turbin menyebabkan turbin akan berputar sehingga akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan kemudian akan menggerakkan

<https://doi.org/10.31328/jasee.v3i01.3>

Received: 23 October 2021

Revised: 3 March 2022

Accepted: 10 March 2022, published by ©UWG Press 2022

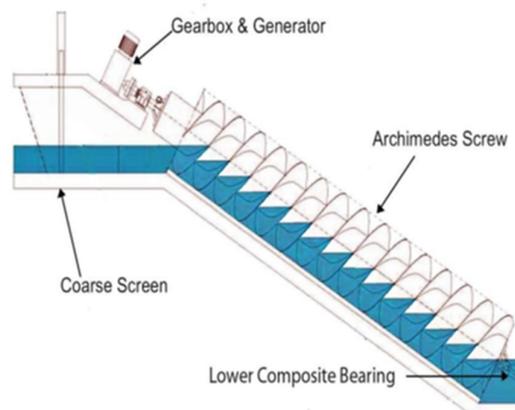
generator dan menghasilkan listrik untuk dapat dimanfaatkan sebagai penerangan lampu [2]. Pembangkit listrik tenaga air memiliki klasifikasi umum, mikro (<100 KW), Mini (100 KW sampai 500 KW), kecil (500 KW sampai 10 mW). Untuk pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro PLTMH pada head rendah, akan berpengaruh pada putaran turbin sehingga akan mempengaruhi arus, tegangan dan daya yang di hasilkan oleh generator.

Pada pembangkit listrik mikrohidro memiliki salah satu komponen yang sangat penting yaitu turbin. Ada beberapa jenis turbin yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan generator antaranya, turbin pelton, turbin crossflow, turbin kaplan dan turbin ulir Archimedes Screw. Dari beberapa turbin ini, turbin Archimedes screw adalah suatu turbin yang bekerja pada head dan laju aliran yang rendah yang dapat digunakan untuk menghasilkan arus listrik pada tingkat mikro. Turbin ini sangat cocok untuk sungai-sungai di Pedalaman Papua yang memiliki head rendah kurang dari 10 meter dan saluran irigasi dengan head yang memenuhi. Archimedes srew memiliki dampak lingkungan yang rendah dan merupakan cara unik yang efisien untuk menghasilkan pembangkit listrik tenaga air di lokasi dengan head sangat rendah dan aliran sedang [5]. Keuntungan turbin Archimedes screw dibandingkan turbin lain yaitu efisiensi tinggi, Simple dan reliable, perawatan yang mudah. Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka perlu dikembangkan, prototipe PLTMH portable menggunakan turbin Archimedes Screw pada daerah Pedalaman Papua dengan memanfaatkan aliran air irigasi, dan aliran air pada parit yang tersedia untuk penerangan lampu.

2. TURBIN ARCHIMEDES SCREW

2.1 Pengertian Archimedes Screw

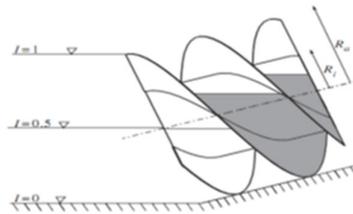
Archimedes screw adalah teknologi yang telah digunakan dalam berbagai penerapan sejak jaman dahulu. Sekrup telah digunakan untuk menghasilkan listrik tenaga air, turbin ulir juga memiliki jangkauan pengoperasian rendah yang unik dibandingkan dengan turbin tenaga air lainnya serta modal dan biaya pengoperasian yang menguntungkan. Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan air yang melalui bilah-bilah sudut turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudut turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator [6].



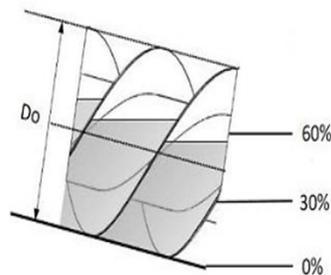
Gambar 1. Turbin Archimedes screw

2.2 Pengaruh Tingkat Rendaman Turbin

Kondisi ekstrem di lapangan (misalnya saat banjir), debit air yang melewati turbin akan naik mengakibatkan rendaman bagian bawah turbin pada level tertentu. Dalam kondisi ini, kinerja turbin akan mengalami perubahan sesuai dengan level air. Rendaman level air atau fill downstream pada saluran keluar secara langsung mempengaruhi kinerja dari turbin archimedes screw. Faktor tinggi jatuhnya air dan debit yang akan digunakan untuk operasi turbin, dimana semakin miring maka kemungkinan untuk ditemukannya head yang cukup untuk PLTMH semakin besar.



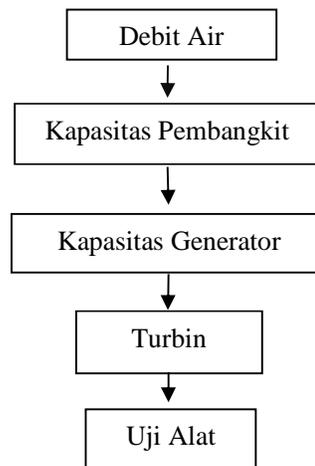
Gambar 2. Gambaran Dari Level Untuk $l = 0$, $l = 0.5$.



Gambar 3. Gambaran Rendaman Level Air 0%, 30%, dan 60%

3. METODE

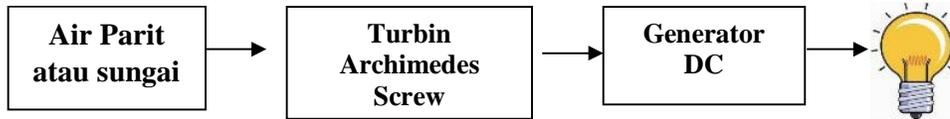
Tahapan merancang prototipe PLTMH portable menggunakan turbin archimedes Screw, akan di kerjakan berdasarkan tahapan sebagai berikut.



Gambar 4. Flowchart perancangan prototipe PLTMH

3.1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 5. Air parit atau sungai menghasilkan debit air digunakan untuk menggerakkan turbin listrik archimedes screw, kemudian menggerakkan generator. Prototipe ini menggunakan generator DC.



Gambar 5. Blok Diagram Sistem

3.2 Pengukuran Debit Air

Debit air (Q) adalah besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu detik yang melewati suatu penampang luas. Pengujian debit air, bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Pada penelitian ini, pengukuran debit air dapat dilakukan dengan metode apung, sehingga pada pemodelan prototipe PLTMH portable dilakukan dengan cara membagi volume bejana per waktu untuk memenuhi bejana. Hubungan kecepatan dengan debit dan luas penampang dapat dituliskan dalam persamaan dibawah ini menggunakan persamaan (1).

$$Q = A \cdot \ell / t \tag{1}$$

Dimana Q adalah Debit Air (m^3/dt), A adalah Luas Penampang (m^2), ℓ adalah Panjang Sungai (m), dan t = Waktu(s)



Gambar 6. Pengukuran Debit Air

Kapasitas pembangkit yang dapat digunakan pada perancangan prototipe PLTMH portable menggunakan turbin archimedes screw ini, dapat dihitung menggunakan persamaan (2):

$$P = \rho \times Q \times h \times g \tag{2}$$

dimana P adalah daya keluaran secara teoritis (Watt), ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3), Q adalah debit air (m^3/dt), h adalah ketinggian efektif (m), dan g adalah Gaya gravitasi (m/s^2).

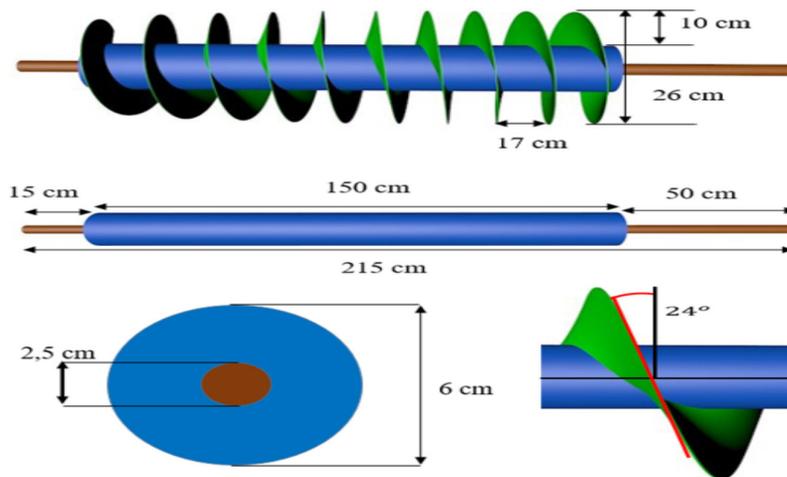
3.3 Kapasitas Generator

Generator yang dapat digunakan pada perancangan prototipe PLTMH portable menggunakan turbin archimedes screw ini, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Generator DC

No	Satuan	Basaran
1.	Tegangan	24 Volt
2.	Arus	3 Ampere
3.	Daya	72 Watt
4.	Kecepatan Putaran	2700 Rpm

Perancangan sistem prototipe PLMH portable menggunakan turbin archimedes screw dan spesifikasi yang akan digunakan pada perancangan ini, dapat dilihat pada gambar 7 [2][3]:



Gambar 7. Desain Turbin Ulir

Tabel 2. Perencanaan Sistem PLTMH

Para Meter	Value
Head Rendah	70 cm
Panjang Rumah Turbin	1 m
Diameter Rumah Turbin	28 cm

Tabel 3. Spesifikasi Turbin

No	Para Meter	Nilai Turbin		
		01	02	03
1.	Jarak Sudu	16 Cm	14 Cm	13 Cm
2.	Ketebalan Blade	6 Cm	6 Cm	6 Cm
3.	Panjang Poros	1 m	1 m	1 m
4.	Diameter turbin	15 Cm	14 Cm	18 Cm
5.	Tinggi BladeScrew	4,5 Cm	4,5 Cm	4,5 Cm

6.	Panjang Poros LuarBesi	1 m	1m	1m
7.	Panjang Poros Dalam Besi	120 Cm	120 Cm	120 Cm
8.	Diameter Poros Luar	9 Cm	9 Cm	9 Cm
9.	Diameter poros utama	120 Cm	120 Cm	120 Cm

Pada penentuan rasio, dapat dilakukan perbandingan N Generator (NG) dan N Turbin (NT) untuk dapat ditransmisikan

Tabel 4. Rasio Transmisi

No	NG		NT	
	Para meter	Nilai	Para Meter	Nilai
2	Kecepatan Putaran	2700 Rpm	Kecepatan Putaran	124,8 Rpm

Dari hasil perbandingan diatas pada Tabel 4, putaran pada Generator sebesar 2700 Rpm dan putaran pada turbin 124,8 Rpm sehingga dari hasil ini, dilakukan perbandingan NG dan NT dapat di hitung dengan perbandingan 2700 : 124,8 adalah 20:1 sehingga hasil dari ini, akan ditransmisikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Archimedes Screw.

Pengujian turbin archimedes screw dapat dilakukan disungai dengan tiga variasi turbin yang berbeda untuk perbandingan dan mendapatkan hasil yang baik pada turbin yang berputar, sehingga arus dan tegangan yang di dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk penerangan. Beban yang dapat di pakai pada pengujian ini adalah lampu LED 12 Volt. Pengujian ini dapat di lakukan ketika diberikan beban dan tidak berbeban. Pada pengujian turbin, ketika diberikan beban maka putaran pada turbin akan sedikit mengalam lambat, hal itu dikarenakan beban lampu yang yang dapat di gunakan menghasilkan daya. Pada pengujian turbin, ketika tidak diberikan beban, putaran akan tetap stabil, hal itu di akibatkan karena tak ada beban, maka hasilnya akan tetap konstan.



Gambar 8. Pengujian Turbin

A. Pengujian Turbin Satu

Pada pengujian turbin ini, dapat dilihat pada tabel 5 spesifikasi turbin satu untuk dapat dilakukan pengujian:

Tabel 5. Spesifikasi Turbin Satu

Para Meter	Nilai
Jarak Sudu	16 Cm
Ketebalan Blade	6 Cm
Panjang Poros	1 M
Diameter turbin	15 Cm
Tinggi Blade Screw	4,5 Cm
Panjang Poros Luar Besi	1 M
Panjang Poros Dalam Besi	120 Cm
Diameter Poros Luar	9 Cm
Diameter poros utama	120 Cm

Hasil dari spesifikasi turbin di atas, dapat diuji pada debit air 1,05 m²/s untuk mendapatkan hasil. Untuk hasil, dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. : Pengujian turbin satu

Turbin satu					
Daya (W))Tegangan (V)		Arus (A)	Rpm	
	Berbeban	Tidak berbeban		Tidak Berbeban	Berbeban
Berbeban	Berbeban	Tidak berbeban	Berbeban		
0,03	0,23	0,35	0,14	113,7	101,7
0,005	0,11	0,20	0,05	113,7	99,1
0,007	0,10	0,16	0,07	113,7	99,5

B. Pengujian Turbin Dua

Pada pengujian turbin dua, dapat di lihat pada tabel 7 spesifikasi turbin untuk dapat di lakukan pengujian.

Tabel 7. Spesifikasi Turbin Dua

Para Meter	Nilai
Jarak Sudu	14,5 cm
Ketebalan Blade	6 cm
Panjang Poros	1 m
Diameter turbin	14 cm
Tinggi Blade Screw	4,5 cm

Panjang Poros Luar Besi	1 m
Panjang Poros Dalam Besi	120 cm
Diameter Poros Luar	9 cm
Diameter poros utama	120 cm

Hasil dari spesifikasi turbin diatas, dapat diuji pada debit air 1,05 m²/s untuk mendapatkan hasil yang baik. Dengan melihat bedah variasi pada turbin, maka turbin dua dengan jumlah sudu lebih dari satu. Untuk hasilnya, dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Turbin Dua

Turbin Dua					
Daya (W)	Tegangan (V)		Arus (A)	Rpm	
				Tidak Berbeban	Berbeban
Berbeban	Berbeban	Tidak berbeban	Berbeban		
0,56	0,56	0,80	1,00	158,8	124,8
0,22	0,40	0,60	0,55	158,8	122,4
0,13	0,33	0,42	0,42	158,8	122,0

Dari hasil pengujian turbin diatas, maka dapat di ambil nilai tertinggi dengan Arus 1,00 Ampere, Tegangan 0,56 Volt sehingga dapat menghasilkan Daya 0,56 Watt.

C. Pengujian Turbin Tiga

Pada pengujian turbin tiga, dapat dilihat pada tabel 9 spesifikasi turbin tiga untuk dapat dilakukan pengujian:

Tabel 9. Spesifikasi Turbin Tiga

Para Meter	Nilai
Jarak Sudu	13 Cm
Ketebalan Blade	6 Cm
Panjang Poros	1 m
Diameter turbin	18 Cm
Tinggi Blade Screw	4,5 Cm
Panjang Poros Luar Besi	1 m
Panjang Poros Dalam Besi	120 Cm
Diameter Poros Luar	9 Cm
Diameter poros utama	120 Cm

Hasil dari spesifikasi turbin diatas, dapat diuji pada debit air 1,05 m²/s untuk mendapatkan hasil yang baik. Dengan melihat bedah variasi pada turbin, maka turbin tiga dengan jumlah sudu satu dan lebih banyak, sehingga dapat di lakukan pengujian. Untuk hasilnya, dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Turbin Tiga

Turbin Tiga					
Daya (W)	Tegangan (V)		Arus (A)	Rpm	
	Berbeban	Tidak berbeban		Tidak Berbeban	Berbeban
0,40	0,65	0,78	0,63	134,9	113,9
0,05	0,13	0,20	0,44	134,9	116,2
0,11	0,22	0,35	0,51	134,9	117,1

Dari hasil pengujian turbin diatas, maka dapat diambil nilai tertinggi dengan Arus 0,63 Ampere, Tegangan 0,65 Volt sehingga dapat menghasilkan Daya 0,40 Watt.

D. Perbandingan Turbin Satu Dua Dan tiga

Perbandingan turbin satu, dua dan tiga memiliki variasi yang bebedah-bedah, sehingga setelah dilakukan pegujian dan perbandingan, dari ketiga turbin, dapat mengasilkan output. Output yang dihasilkan memiliki nilai yang berbedah-bedah, hal ini dipengaruhi oleh variasi turbin yang berbedah-bedah sehingga nilai outputpun berbedah pada setiap turbin. Setiap turbin, dapat di ambil nilai tertinggi dari turbin satu, dau dan tiga. Hasil dari perbandingan dapat, diambil nilai tertinggi, bisa dapat di lihat pada tabel 11.

Tabel 11. Nilai Tertinggi dari Turbin Satu,Dua dan Tiga

Turbin 1	Arus 0,14 Ampere
	Tegangan 0,23 Volt
	Daya 0,03 Watt
Turbin 2	Arus 1,00 Ampere
	Tegangan 0,56 Volt
	Daya 0,56 Watt
Turbin 3	Arus 0,63 Ampere
	Tegangan 0,65 Volt
	Daya 0,40 Watt

E. Analisis Hasil Pengujian

Perbandingan dari turbin satu, dua dan tiga dapat menghasilkan daya. Setelah didapatkan nilai tertinggi dari pengujian turbin satu, dua dan tiga, maka dapat diambil nilai terbaik dari turbin. Nilai terbaik terdapat pada turbin dua dengan output yang cukup baik. Untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Terbaik Turbin

Turbin Dua		
Arus	Tegangan	Daya
1,00 Ampere	0,56 Volt	0,56 Watt

Dari hasil terbaik yang didapatkan pada tabel 12, maka dapat dimanfaatkan sebagai penerangan lampu. Setelah pengujian telah dilakukan pada alat prototipe PLTMH portable, maka pengujian dapat di analisis. semakin besar debit air, maka semakin besar putaran pada turbin, sehingga dapat mempengaruhi putaran pada generator dan dapat menghasilkan tegangan, arus dan daya yang besar. Dikarenakan pada pengujian ini, pengaruh tekanan air terhadap torsi cukup, dikarenakan besaran debit air $1,05 \text{ m}^3/\text{s}$, yang mengalir sehingga dapat berputar dengan 158,8 Rpm, setelah diberikan beban lampu maka putaran yang di hasilkan menurun 124,8 Rpm, dapat menggerakkan generator sehingga menghasilkan tegangan 0,56 Volt, Arus 1,00 Ampere dan daya 0,56, sehingga beban lampu dapat di manfaatkan untuk penenerangan.

5. SIMPULAN

Perancangan prototipe PLTMH portable menggunakan turbin Archimedes Screw dapat dirancang untuk dapat di uji pada debit $1,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapasitas pembangkit yang dapat di rencanakan 84510 Watt untuk dapat di manfaatkan sebagai penerangan lampu. Generator yang dapat di manfaatkan pada perancangan ini dengan kapasitas putaran 2700 Rpm yang dapat menghasilkan Tegangan 24 Volt, Arus 3 Ampere Daya 72 Watt sehingga dapat di transmisikan. Berdasarkan Turbin yang di rancang memiliki tiga variasi yang berbeda beda diantaranya turbin satu, dua dan tiga, masing masing turbin memiliki karakteristik yang beda beda. turbin satu jarak sudu 16 Cm diameter turbin 15 Cm, Turbin Dua jarak sudu 14,5 Cm diameter 14 Cm dengan jumlah blade dua, Turbin tiga jarak sudu 13 Cm diameter 18 Cm. Pada pengujian prototipe PLTMH portable dapat di lakukan perbandingan turbin satu, dua dan tiga, maka turbin Satu dapat menghasilkan Tegangan 0,23 Volt, Arus 0,14 Ampere, Daya 0,03 Watt Turbin Dua dapat menghasilkan Tegangan 0,56 Volt, Arus 1,00 Ampere, Daya 0,56 Watt dan Turbin Tiga, Tegangan 0,56 Volt, Arus 0,63 Ampere, Daya 0,40 Watt.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] E. Suhartanto, L. M. Limantara, A. Samosir, "Analisis neraca air Sub DAS Irigasi Wirway Kabupaten Sarmi Provinsi Papua," *J. Irig.*, vol. 7, no. 2, p. 74, Oct. 2012, doi: 10.31028/ji.v7.i2.74-86.
- [2] I. G. W. Putra, A. I. Weking, L. Jasa, "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, Dec. 2018, doi: 10.24843/MITE.2018.v17i03.
- [3] A. I. Weking and Y. P. Sudarmojo, "Prototype Design Of Micro Hydro Using Turbine Archimedes Screw For Simulation Of Hidropower Practical Of Electro Engineering Students," *J. Electr. Electron. Inform.*, vol. 3, no. 1, p. 6, Jun. 2019, doi: 10.24843/JEEI.2019.v03.i01.

- [4] I. P. Juliana, A. I. Weking. L. Jasa, "Pengaruh Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Terhadap Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 393, Dec. 2018, doi: 10.24843/MITE.2018.v17i03.
- [5] S. Simmons and W. Lubitz, "Archimedes screw generators for sustainable energy development," in *2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, Toronto, ON, Canada, Jul. 2017, pp. 144–148. doi: 10.1109/IHTC.2017.8058176.
- [6] A. T. Saputra, A. I. Weking. I. W. Artawijaya, "Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 1, p. 83, May 2019, doi: 10.24843/MITE.2019.v18i01.
- [7] A. I. Siswantara, M. H. Gumelar S, Budiarmo, R. Harmadi, Warjito, and D. Adanta, "Analysis of the Effects of Overflow Leakage Phenomenon on Archimedes Turbine Efficiency," in *2018 4th International Conference on Science and Technology (ICST)*, Yogyakarta, Aug. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528687.
- [8] T. M. Syahputra, M. Syukri. I. D. Sara, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro Dengan Menggunakan Turbin Ulir,".
- [9] A. Nurdin. D. A. Himawanto, "Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah," *Simetris J. Tek. Mesin Elektro Dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 783–796, Nov. 2018, doi: 10.24176/simet.v9i2.2340.
- [10] H. Setya Utama and M. Kusriyanto, "Prototype Pembangkit Mikrohidro Terintegrasi Beban Komplemen," *Teknoin*, vol. 24, no. 1, pp. 55–66, Mar. 2018, doi: 10.20885/teknoin.vol24.iss1.art6.
- [11] P. Megantoro, G. B. Muntoha, K. Kunal, P. T. Nguyen, and E. Helmy, "The Analysis of Comparison Electrical Power Measurement on LED Lamps," *J. Robot. Control JRC*, vol. 1, no. 4, 2020, doi: 10.18196/jrc.1425.