

RANCANG BANGUN DAN ANALISA PENGARUH KEMIRINGAN DAN JUMLAH BILAH PADA (PLTMH) TURBIN ULIR

Dhipa Surendra Gunawan¹, Zainal Abidin²

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Riau, Indonesia

email: dhipasrndr@gmail.com¹, Zainal@polbeng.ac.id²

Intisari - Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan bilah turbin ulir (20° , 30° , dan 40°) serta jumlah bilah (1 dan 2 bilah) terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan menggunakan turbin ulir. Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi putaran turbin (rpm), daya turbin (Watt), daya listrik yang dihasilkan (Watt), dan efisiensi sistem (%) pada tiga kondisi beban yang berbeda, yaitu kondisi tanpa beban, beban 9W, dan beban 12W. Pengujian dilakukan dengan aliran air berkecepatan tetap dan head rendah untuk mengetahui konfigurasi turbin yang paling optimal dalam menghasilkan daya dan efisiensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa beban, kinerja tertinggi diperoleh pada konfigurasi turbin dengan 2 bilah dan sudut kemiringan 40° , yang menghasilkan putaran sebesar 289 rpm, daya turbin sebesar 30,25W, dan efisiensi mencapai 90,7%. Pada kondisi beban 9W, kinerja tertinggi dicapai oleh konfigurasi 1 bilah dengan sudut kemiringan 40° , menghasilkan putaran sebesar 283 rpm dan daya turbin sebesar 29,62W. Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemiringan bilah hingga 40° memberikan kinerja paling optimal dalam hal daya keluaran dan efisiensi pada semua kondisi pengujian. Konfigurasi ini mampu memanfaatkan energi aliran air secara maksimal, sehingga cocok diterapkan pada sistem PLTMH yang bekerja pada kondisi aliran dengan head rendah.

Kata Kunci - Turbin ulir, PLTMH, sudut kemiringan, jumlah bilah, efisiensi.

Abstrack - *This study was conducted to determine the effect of variations in the pitch angle of a screw turbine blade (20° , 30° , and 40°) and the number of blades (1 and 2 blades) on the performance of a microhydro power plant (PLTMH) using a screw turbine. The parameters observed in this study included turbine rotation (rpm), turbine power (Watts), electrical power generated (Watts), and system efficiency (%) under three different load conditions: no-load, 9 W, and 12 W. Tests were conducted with a constant water flow rate and low head to determine the most optimal turbine configuration for power generation and efficiency. The test results showed that under no-load conditions, the highest performance was achieved with a turbine configuration with 2 blades and a pitch angle of 40° , which produced a rotation speed of 289 rpm, a turbine power of 30.25 W, and an efficiency of 90.7%. At a load of 9 W, the highest performance was achieved by a 1-blade configuration with a 40° pitch angle, producing 283 rpm and a turbine power of 29.62 W. In general, the results of this study indicate that increasing the blade pitch angle to 40° provides the most optimal performance in terms of power output and efficiency under all test conditions. This configuration maximizes the energy of the water flow, making it suitable for use in micro-hydro power plants operating under low-head flow conditions.*

Keywords - Screw turbine, micro-hydro power plants, pitch angle, number of blades, efficiency.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik seiring dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi menuntut sumber energi yang efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Di Indonesia, banyak wilayah, terutama daerah pedesaan dan terpencil, masih belum terjangkau oleh jaringan listrik nasional (PLN). Hal ini menjadi tantangan besar dalam memastikan akses energi yang merata sebagai bagian dari pembangunan nasional. Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, dengan banyak aliran sungai dan daerah berbukit yang mendukung pembangunan PLTMH. Mikrohidro menjadi pilihan ideal karena dapat memanfaatkan aliran air dengan debit dan ketinggian tertentu tanpa memerlukan bendungan besar yang dapat merusak ekosistem. Dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliran air, PLTMH dapat menghasilkan listrik dengan kapasitas kecil hingga menengah, sehingga cocok digunakan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik. Salah satu komponen utama dalam PLTMH adalah turbin, yang berfungsi untuk mengonversi energi mekanik dari aliran air menjadi energi listrik.

Salah satu jenis turbin yang digunakan dalam PLTMH adalah turbin ulir (*Archimedes screw turbine*). Turbin ini memiliki keunggulan berupa *desain* yang sederhana, efisiensi tinggi pada aliran rendah, serta kemampuan menangani variasi debit air. Turbin ulir bekerja dengan prinsip ulir *Archimedes*, di mana air mengalir melalui ulir dan menyebabkan turbin berputar, menghasilkan energi mekanik yang kemudian dikonversi menjadi listrik. Namun, kinerja turbin ulir sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter *desain*, salah satunya adalah kemiringan dan jumlah bilah pada turbin. Oleh karena itu, analisis terhadap pengaruh jarak antar ulir menjadi penting untuk meningkatkan kinerja turbin ulir pada PLTMH.

II. METODE

A. Studi Literatur

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan turbin ulir, khususnya jenis Archimedes, adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dan potensial dari aliran air untuk menghasilkan listrik. Turbin ini dirancang untuk beroperasi pada kondisi *head* rendah, yaitu perbedaan ketinggian air yang relatif kecil, sehingga sangat cocok untuk digunakan di banyak lokasi di Indonesia yang memiliki aliran sungai kecil atau irigasi [1].

Prinsip kerja turbin ulir *archimedes* melibatkan aliran air yang masuk ke bagian atas turbin. Ketika air mengalir ke bawah, berat air mendorong bilah-bilah *heliks* (*helical flights*) dari turbin, menyebabkan turbin berputar. Energi rotasi ini kemudian dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik yang terhubung dengan poros utama turbin. Adapun perhitungan daya dan efisiensi turbin *Archimedes Screw* melibatkan beberapa parameter kunci, termasuk debit aliran air, head, dan efisiensi mekanis. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam perhitungan [2].

$$Q = \frac{v}{t} \tag{1}$$

$$P_p = \rho \times g \times Q \times H \tag{2}$$

Sistem *pulley* dan *belt* bekerja berdasarkan gesekan antara *belt* dan permukaan *pulley*. Ketika *pulley* penggerak (*drive pulley*) berputar, *belt* bergerak dan menggerakkan *pulley* yang terhubung (*driven pulley*). Rasio diameter *pulley* memengaruhi kecepatan putaran dan torsi yang dihasilkan [3]. Untuk menghitung kecepatan sudut putaran dapat menggunakan persamaan berikut.

$$Pr = \frac{2\pi RPM}{60} \tag{3}$$

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin dengan potensial air yang tersedia. Efisiensi ini mencerminkan seberapa baik turbin mengonversi energi aliran air menjadi energi mekanik pada poros turbin. Efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

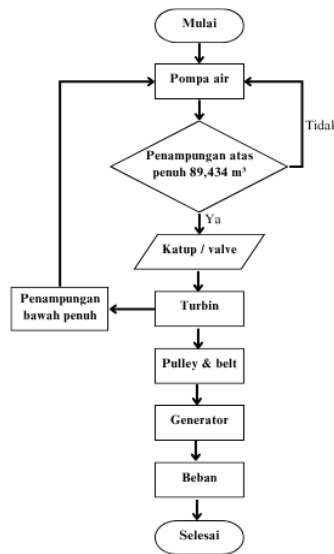
$$\eta_t = \frac{Pr}{P_\mu} \tag{4}$$

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan *Watt* atau *Horse power* (HP), *Horse power* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 *Watt*. Sedangkan *Watt* merupakan unit daya listrik dimana 1 *Watt* memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan dengan persamaan [2].

$$P = v \times I \tag{5}$$

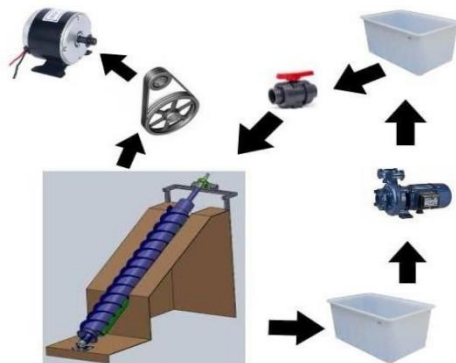
B. Tahapan Penelitian

Sistem kerja rancang bangun dan analisa pengaruh kemiringan serta jumlah bilah pada PLTMH turbin ulir dimulai dengan perancangan turbin sesuai dengan parameter teknis seperti kemiringan dan jumlah bilah. Air yang ada pada bak penampungan *head* turbin akan dialirkan melalui saluran masuk menuju turbin ulir, yang memiliki sudut kemiringan tertentu untuk mengoptimalkan aliran air dan memberikan gaya pada bilah turbin. Kemiringan turbin memengaruhi efisiensi, dimana kemiringan yang akan uji pada alat ini adalah 20°, 30°, dan 40°. kemudian hasil data percobaan dari variasi kemiringan ini akan di analisa untuk mencari efesien kemiringan turbin. *flowchat* sebagai bentuk deskripsi prosedur kerja alat seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart

Hardware atau perangkat keras yang dimaksud adalah perangkat atau alat yang dibutuhkan dalam pembuatan rancang bangun dan analisa pengaruh kemiringan dan jumlah bilah pada PLTMH turbin ulir. Adapun rancangan hardware dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Gambar Rancangan *Hardware*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

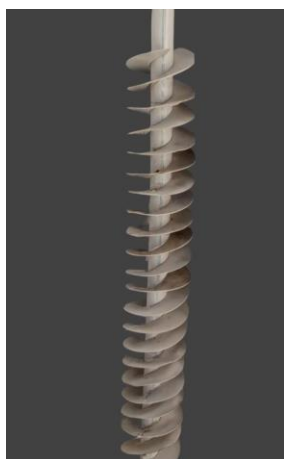
A. Hasil Perencanaan Alat

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa baik sudut kemiringan maupun jumlah bilah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa turbin, terutama terhadap debit air yang masuk, kecepatan rotasi turbin, dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator. Dengan demikian, prototipe ini tidak hanya berhasil direalisasikan secara fungsional, namun juga dapat digunakan sebagai media pengujian yang valid dan andal untuk studi eksperimental mengenai karakteristik kinerja turbin ulir pada sistem PLTMH. Hasil dari perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3, 4, dan 5



Gambar 3. Tampak Samping **Gambar 4.** Generator dan Pulley Belt **Gambar 5.** Tampak Depan

Setelah melalui tahapan perancangan, turbin ulir berhasil dibuat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Turbin ini dirancang untuk mengalirkan air melalui uliran bilah guna menghasilkan gerakan rotasi pada poros turbin. Untuk memberikan gambaran visual mengenai bentuk fisik dan konstruksi dari turbin ulir yang telah dibuat, maka dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil Rancangan Turbin Uli Bilah



Gambar 7. Hasil Rancangan Turbin 2 Ulir Bilah

B. Data Hasil Pengujian

Adapun data yang didapatkan pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Data Pengujian Daya Potensial Air

Volume	Waktu	Tinggi Jatuh Air (H)	Grafitasi (g)	Masa Jenis Air (ρ)	Debit Air (Q)	Daya Hidrolis (P)
0,06 m ³	24 s	1,36 m	9,8 m/s ²	1000 kg/m ³	0,06m ³ /s	33,35

1. Data Pengujian Tanpa Beban Listrik

Pengujian tanpa beban dilakukan untuk mengetahui karakteristik dasar dari sistem turbin ulir dan generator sebelum diberi beban listrik. Tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengamati hubungan antara putaran turbin dan putaran motor (generator) dalam kondisi ideal, dengan melakukan pengujian ini, maka parameter dasar sistem dapat diperoleh untuk dibandingkan dengan hasil pengujian saat sistem diberi beban, sehingga dapat dilakukan analisa terhadap kinerja dan efisiensi pada turbin

Hasil analisa Pada *pulley* tanpa beban dengan menggunakan turbin ulir 1 bilah dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data Perbandingan Pulley 1 Bilah

sudut kemiringan	Ø Pulley Turbin (mm)	Ø Pulley Generator (mm)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)
20°	50	15	235	783
30°	50	15	250	833
40°	50	15	281	937

Hasil analisa Pada *pulley* tanpa beban dengan menggunakan turbin ulir 2 bilah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Data Perbandingan Pulley 2 Bilah

sudut kemiringan	Ø Pulley Turbin (mm)	Ø Pulley Generator (mm)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)
20°	50	15	256	853
30°	50	15	276	920
40°	50	15	289	963

Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah tanpa beban

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Daya Turbin (w)
20°	33,35	235	783	24,60
30°	33,35	250	833	26,17
40°	33,35	281	937	29,41

Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 2 bilah tanpa beban dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 2 bilah tanpa beban

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Daya Turbin (w)
20°	33,35	256	853	26,79
30°	33,35	276	920	28,89
40°	33,35	289	963	30,25

Hasil analisa efisiensi turbin pada turbin ulir 1 bilah tanpa beban dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Hasil analisa efisiensi turbin pada turbin ulir 1 bilah tanpa beban

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Daya Turbin (W)	Efisiensi Turbin (%)
20°	33,35	24,60	73,75
30°	33,35	26,17	78,46
40°	33,35	29,41	88,19

Hasil analisa efisiensi turbin pada turbin ulir 2 bilah tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini,

Tabel 7 Hasil analisa efisiensi turbin pada turbin ulir 2 bilah tanpa beban

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Daya Turbin (W)	Efisiensi Turbin (%)
20°	33,35	26,79	80,34
30°	33,35	28,89	86,62
40°	33,35	30,25	90,70

2. Data Pengujian dengan Beban 9 Watt

Pada pengujian ini, digunakan beban resistif sebesar 9 Watt yang disambungkan langsung ke output generator. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja turbin dan generator dalam kondisi operasional sebenarnya, serta untuk mengetahui apakah daya listrik yang dihasilkan cukup stabil dan sesuai dengan kapasitas perancangan.

Hasil analisa pada pulley tanpa beban dengan turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 Hasil analisa pada pulley dengan turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

sudut kemiringan	Ø Pulley	Ø Pulley	Putaran	Putaran
	Turbin (mm)	Generator (mm)	Turbin (Rpm)	Generator (Rpm)
20°	50	15	209	697
30°	50	15	266	887
40°	50	15	283	943

Hasil analisa pada pulley tanpa beban dengan turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9 Hasil analisa pada pulley dengan turbin ulir 2 bilah menggunakan baban 9 watt

sudut kemiringan	Ø Pulley	Ø Pulley	Putaran	Putaran
	Turbin (mm)	Generator (mm)	Turbin (Rpm)	Generator (Rpm)
20°	50	15	219	730
30°	50	15	233	777
40°	50	15	276	920

Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 10

Tabel 10 Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Daya Turbin (w)
20°	33,35	209	697	21,88
30°	33,35	266	887	27,84
40°	33,35	283	943	29,62

Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 11

Tabel 11 Hasil analisa daya turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Daya Turbin (W)
20°	33,35	219	730	22,92
30°	33,35	233	777	24,39
40°	33,35	276	920	28,89

Hasil analisa efesiensi turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 12

Tabel 12 Hasil analisa efesiensi turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya potensial air (W)	Daya Turbin (W)	Efesiensi Turbin (%)
20°	33,35	21,88	65,59
30°	33,35	27,84	83,48
40°	33,35	29,62	88,82

Hasil analisa efesiensi turbin pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 13

Tabel 13 Hasil analisa efesiensi turbin pada turbin ulir 2 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya potensia air (W)	Daya Turbin (W)	Efesiensi Turbin (%)
20°	33,35	22,92	68,73
30°	33,35	24,39	73,13
40°	33,35	28,89	86,62

Untuk data yang telah dianalisa dengan turbin ulir 1 bilah menggunakan beban 9 watt dapat dilihat pada tabel 14

Tabel 14 hasil analisa daya listrik dengan turbin ulir 1 bilah menggunakan beban 9 watt

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Listrik (W)
9 watt	8,12	0,03	0,24
	8,22	0,07	0,58
	8,51	0,09	0,77

Untuk data yang telah dianalisa dengan turbin ulir 2 bilah menggunakan beban 9 watt dapat dilihat pada tabel 15

Tabel 15 hasil analisa daya listrik dengan turbin ulir 2 bilah menggunakan beban 9 watt

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Listrik (W)
9 watt	8,29	0,05	0,41
	8,31	0,06	0,50
	8,62	0,07	0,60

Hasil analisa efesiensi pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 16

Tabel 16 Hasil analisa efesiensi pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya Turbin (W)	Daya Listrik (W)	Efesiensi (%)
20°	21,88	0,24	1,11
30°	27,84	0,58	2,07
40°	29,62	0,77	2,59

Hasil analisa efesiensi pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt dapat dilihat pada tabel 17

Tabel 17 Hasil analisa efesiensi pada turbin ulir 1 bilah menggunakan baban 9 watt

Sudut Turbin	Daya Turbin (W)	Daya Listrik (W)	Efesiensi (%)
20°	22,92	0,41	1,81
30°	24,39	0,50	2,04
40°	28,89	0,60	2,09

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisa terhadap prototipe PLTMH dengan turbin ulir, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe turbin ulir berhasil dirancang dan berfungsi dengan baik untuk mengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Sistem mampu diuji pada beberapa variasi sudut kemiringan (20°, 30°,

- dan 40°) dan jumlah bilah turbin (1 bilah dan 2 bilah).
2. Sudut kemiringan turbin berpengaruh signifikan terhadap efisiensi dan daya keluaran. Sudut kemiringan 40° dengan nilai tertinggi 289 rpm dan daya turbin 30,85, dengan efisiensi konversi terhadap daya potensial air mencapai 90,7% dengan [engujian tanpa beban
Jumlah bilah pada turbin juga mempengaruhi performa sistem. Turbin dengan 2 bilah menunjukkan efisiensi yang sedikit lebih tinggi pada bagian kecepatan putaran dibandingkan turbin 1 bilah, namun turbin 1 bilah memiliki performa torsi yang lebih tinggi dan lebih efisien untuk putaran berat yang dimana putaran berat tersebut diperoleh karena memiliki beban listrik yang besar
 3. Efisiensi konversi energi tanpa beban tertinggi diperoleh pada konfigurasi turbin ulir 2 bilah dengan sudut kemiringan 40°, dengan nilai efisiensi mencapai lebih dari 90% pada konversi daya turbin terhadap daya potensial air
 4. Efisiensi konversi energi menggunakan beban diperoleh pada konfigurasi turbin ulir 1 bilah dengan sudut kemiringan 40°, dengan nilai efisiensi mencapai lebih dari 87% pada konversi daya turbin terhadap daya potensial air.
 5. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator masih tergolong kecil dibandingkan daya mekanik turbin, hal ini disebabkan oleh kerugian pada sistem efisiensi generator itu sendiri.
 6. Secara keseluruhan, sistem PLTMH turbin ulir ini cocok digunakan pada aliran air ber-head rendah, serta memiliki potensi dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber energi alternatif di daerah terpencil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Zainal Abidin, S.T., M.T. atas bimbingan dan masukan berharga selama proses penulisan jurnal ini. Terima kasih juga kepada Politenik Negeri Bengkalis atas dukungan fasilitas yang diberikan, serta kepada seluruh pihak yang turut membantu hingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Saputra, M. A. T., Weking, A. I., & Artawijaya, I. W. (2019). Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (*Archimedean Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(1), 83-90.
- [2] Sumarna, A. H. (2020). Rancang Bangun Dan Analisa Pltmh Menggunakan Turbin Ulir (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- [3] Firdaus, M. S., Suharno, K., & Dewi, R. P. (2023, November). Perancangan dan Simulasi Turbin Air Tipe Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro: Studi Kasus Pada Saluran Irigasi Progo-Manggis. In SENASTER" Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan" (Vol. 4, No. 1).
- [4] Ola, F. X. K., Jasron, J. U., & Koehuan, V. A. (2023). Pengaruh Diameter Blade Terhadap Daya Output Pada Turbin Archimedes Screw. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 50-58