

Analysis of the Effect of Blade Number on Water Wheel Performance

[Analisis Pengaruh Jumlah Baling-Baling terhadap Kinerja Kincir Air]

Adam Raihan Hafi Hardiyanto¹⁾, Rachmat Firdaus²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin,, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: firdausr@umsida.ac.id

Abstract. The ever-increasing demand for electrical energy is driving the development of renewable energy sources, one of which involves the use of water energy in micro-hydro power plants (PLTMH). Water wheels are a simple technology capable of converting the energy of flowing water into mechanical energy and subsequently into electrical energy. This study aims to analyze the effect of varying the number of blades on the performance of an water wheel and to validate the results of numerical simulations using ANSYS Fluent against actual test results. The method used was a quantitative experiment with variations in the number of blades set at 9, 12, 15, and 18 blades. Testing was conducted under controlled water flow conditions with measurements of rotational speed (RPM), flow rate, and electrical power using a tachometer and other supporting instruments. Additionally, numerical simulations were performed using ANSYS Fluent to predict flow characteristics and turbine performance. This study concludes that the number of blades has a significant effect on the performance of the water wheel, with a 12-blade configuration being the most optimal design under actual test conditions.

Keywords - water wheel; microhydro; ANSYS Fluent; electrical power; renewable energy.

Abstrak. Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong adanya pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya melalui pemanfaatan energi air pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Kincir air merupakan teknologi sederhana yang dapat mengonversi energi aliran air menjadi energi mekanik dan selanjutnya menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah bilah terhadap performa kincir air serta memvalidasi hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS Fluent dengan hasil pengujian aktual. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan variasi jumlah bilah sebanyak 9, 12, 15, dan 18 bilah. Pengujian dilakukan pada kondisi aliran air yang terkontrol dengan pengukuran kecepatan putar (RPM), arus, dan daya listrik menggunakan tachometer dan instrumen pendukung lainnya. Selain itu, simulasi numerik dilakukan menggunakan ANSYS Fluent untuk memprediksi karakteristik aliran dan performa kincir. Penelitian ini menyimpulkan bahwa jumlah bilah berpengaruh signifikan terhadap performa kincir air, dengan konfigurasi 12 bilah sebagai desain paling optimal pada kondisi pengujian aktual.

Kata Kunci - kincir air; mikrohidro; ANSYS Fluent; daya listrik; energi terbarukan.

I. PENDAHULUAN

Kondisi dunia saat ini energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia pada zaman ini. Kebutuhan energi akan meningkat karena perkembangan zaman yang terus meningkat, sehingga energi menjadi suatu unsur yang sangat penting dalam pembangunan suatu Negara maupun Daerah [1]. Hampir seluruh aktivitas dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam lingkungan rumah tangga, industri, maupun sektor publik menggunakan energi listrik yang berasal dari jaringan PLN. Saat ini banyak masyarakat yang membangun PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) secara swadaya. Karena saat ini air menjadi salah satu sumber energi yang terbarukan dan mudah dijadikan energi listrik[2]. Tetapi pada kenyataannya sungai dan sumber daya air masih belum dimanfaatkan dengan baik untuk diubah menjadi energi listrik[3]. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa perlu ada energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan memanfaatkan energi yang ada disekitar [4]. Pemanfaatan membutuhkan alat konversi energi air menjadi putaran poros yang dapat dimanfaatkan sebagai instalasi generator listrik. Alat ukur tersebut biasanya disebut dengan Turbin Mikrohidro[5].

Kincir air, salah satu teknologi yang sudah ada sejak zaman dahulu untuk dimanfaatkan sebagai penghasil listrik dan irigasi[6]. Di Indonesia, pemanfaatan dan penggunaan kincir air belum begitu optimal karena masih minim informasi tentang pemanfaatan dan penerapannya pada saluran miring di

lapangan[7]. Penggunaan air menjadi sumber energi terbarukan yang dapat diperbarui (*renewable*) menjadi suatu kabar baik [8]. Karena dapat menjadi penyedia energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air dan mikrohidro. Tetapi masih ada permasalahan yang penting yaitu bagaimana pemanfaatan potensi energi air yang masih minim[9].

Kelebihan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dalam hal biaya operasional yaitu lebih rendah apabila dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan tenaga lainnya [10]. Prosesnya yang hanya dari turbin air menangkap energi dan menggerakkan generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik[11]. Proses kerja kincir air pembangkit listrik sampai saat pemakaian listrik ada proses yang telah dilewati. Proses tersebut, perubahan energi potensial dalam aliran air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir[12]. Umumnya menggunakan generator untuk menghasilkan listrik[13]. Sehingga ada energi yang dapat mengalirkan air. Kemudian air ditangkap dengan kincir untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam bentuk energi mekanik berupa putaran, mulai dari gerakan putar dan gaya putar berupa torsi dengan kecepatan tertentu. Kecepatan tersebut dapat diukur powernya[14].



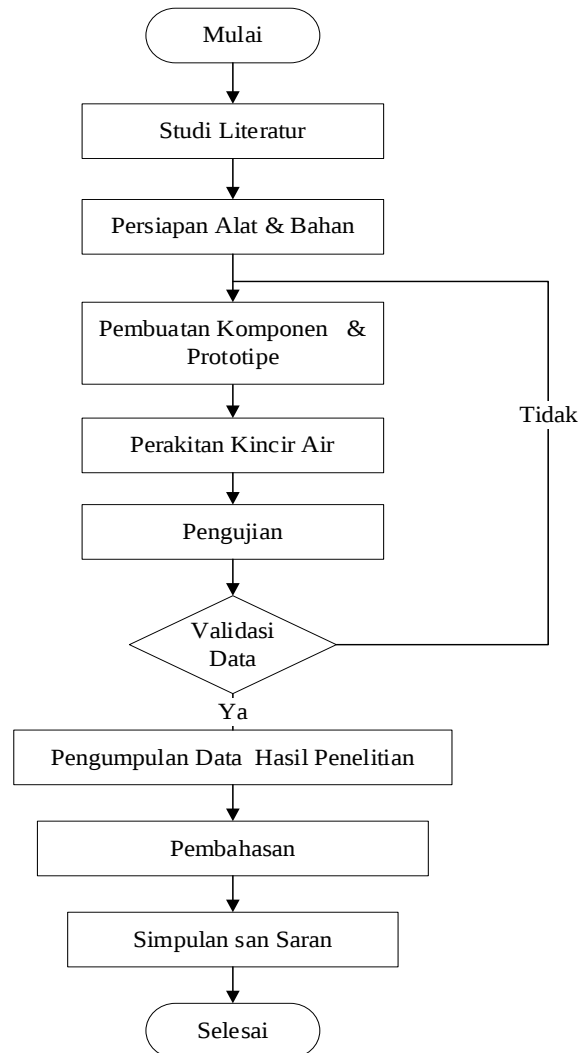
Gambar 1. Kincir Air

Bilah – bilah kincir menjadi hal yang penting untuk dikaji dengan perbandingan geometri agar tercipta desain yang optimal[15]. Jumlahnya sangat mempengaruhi kinerja turbin kinetik. Semakin banyak jumlah bilah, semakin besar daya yang dihasilkan dan meningkatkan efisiensi[16]. Karena kecepatan putaran tinggi, belum tentu menghasilkan energi yang besar. Apabila diberi sedikit beban akan sangat mempengaruhi kecepatan putaran. Demikian sebaliknya[17]. Kecepatan air yang mengalir harus kecil pada kincir. Jika kecepatannya besar melalui bilah akan melimpah ke luar atau energi yang ada akan hilang secara percuma[18]. Dengan demikian, kincir air menjadi salah satu solusi yang menarik. Analisis secara mendalam diperlukan mengenai pengaruh dari variasi jumlah bilah terhadap putaran kincir .

II. METODE

Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat langkah-langkah yang dilakukan, dijelaskan dalam diagram alir (*flow chart*) berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan, metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yaitu dengan penggunaan metode eksperimen dengan memvariasi bentuk bilah kincir terhadap kecepatan putar[19]. Pendekatan kuantitatif diambil karena digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang membutuhkan analisis dari angka dan statistik[20]. Metode eksperimen dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah baling-baling terhadap kecepatan putar kincir air. Penelitian menggunakan dua variable yang terdiri dari variable terikat dan variable bebas, Variabel bebas yaitu jumlah bilah kincir, sedangkan variabel terikat adalah kecepatan putar kincir air (rpm). Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi jumlah baling-baling pada kondisi debit dan kecepatan aliran air yang sama, kemudian dilakukan pengukuran kecepatan putar untuk setiap variasi sehingga dapat dianalisis pengaruhnya terhadap performa kincir air[21].

Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan adalah meteran, bor tangan, gerinda tangan, peralatan las, *tachometer digital*, *amperemeter*, dan APD (alat Pelindung Diri). Bahan yang digunakan adalah pipa 11 dan 3 dim, motor 24 volt, *pulley*, *belt* dan rangka dudukan kincir

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi pengujian skala laboratorium yang berada di kediaman peneliti di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. Pengujian dilakukan pada bulan September 2025–Juni 2026. Penelitian menggunakan kincir air dengan variasi jumlah baling-baling sebanyak 9, 12, 15, dan 18 buah. Data kecepatan putar kincir air diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan tachometer dengan aliran air yang telah ditentukan.

Metodologi Pelaksanaan

Metodologi yang dilakukan sebagai berikut:

- **Pencarian Data**
Kegiatan yang dilakukan meliputi identifikasi masalah, studi literatur dan pembuatan konsep alat menjadi acuan dalam proses perancangan.
- **Proses Perancangan**
Dilakukan dengan teliti dan perhitungan matang agar alat bermanfaat secara optimal dengan cara beberapa perancangan yaitu diameter kincir sebesar 48 cm, luas sudu, lebar kincir, model gambar kincir dan poros kincir.
- **Proses Pembuatan**
Komponen dirancang sesuai desain yang telah dibuat. Prosesnya antara lain persiapan alat dan bahan, pembuatan sudu kincir, pembuatan poros, dan pembuatan rangka kincir. Proses dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. *Proses Pembuatan Kincir*

- **Proses Perakitan (Assembly)**
Setelah komponen selesai, maka selanjutnya dilakukan perakitan dengan memasang sudu kincir air ke cakram utama, pemasangan poros pada bearing dan pemasangan kincir air pada rangka. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



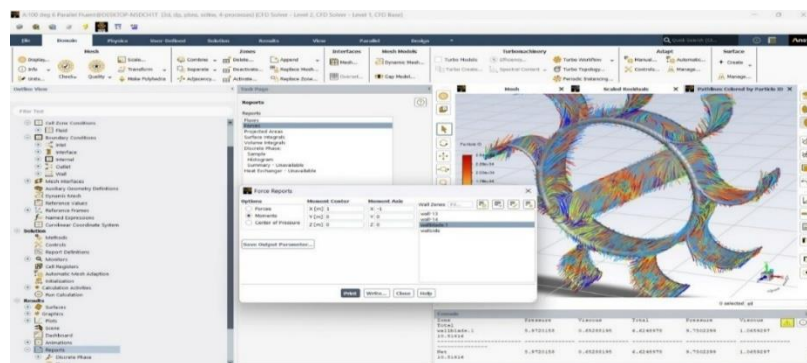
Gambar 4. Proses Perakitan Kincir

- Pengujian Kincir pada Pengujian Aktual
Dilakukan setelah perakitan. Sebelum kincir air ditempatkan pada aliran air untuk memastikan seluruh komponen telah terpasang dengan benar agar bekerja secara optimal. Pengujian menggunakan *tachometer digital* seperti gambar berikut.



Gambar 5. Pengujian aktual dengan tachometer

- Pengujian Kincir pada Simulasi *Ansys Fluent*
Simulasi numerik dilakukan menggunakan *Ansys Fluent* untuk menganalisis pengaruh jumlah baling-baling terhadap performa kincir air. Model kincir dibuat dalam empat variasi jumlah baling-baling yaitu 9, 12, 15, dan 18 buah. Data hasil simulasi kemudian dibandingkan untuk menentukan konfigurasi bilah yang menghasilkan performa terbaik. Simulasi numerik dilakukan menggunakan *Ansys Fluent*.



Gambar 6. Pengujian Kincir pada simulasi *Ansys Fluent*

- Penyempurnaan Alat
Apabila dalam proses pengujian alat terdapat masalah atau kekurangan dalam kinerjanya sehingga mengakibatkan alat tidak berfungsi dengan optimal sesuai yang diharapkan.

Prosedur Pengambilan Data

Berdasarkan pengujian aliran air yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya yaitu analisis data. Pengambilan data dilakukan secara eksperimental dengan memvariasikan jumlah baling-baling kincir air sebanyak 9, 12, 15, dan 18 buah. Pada setiap variasi, kincir diuji menggunakan kondisi aliran air yang sama. Setelah putaran kincir mencapai kondisi stabil, kecepatan putar diukur menggunakan *tachometer* dan dicatat dalam satuan rpm. Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk memperoleh data yang lebih representatif. Beberapa persamaan rumus yang digunakan sebagai berikut:

- Debit

Ketika debit air meningkat atau berkurang, kecepatan putaran kincir biasanya ikut berubah. Pengamatan ini penting untuk mengetahui rentang debit air yang mampu menghasilkan kinerja

optimal dan untuk memahami batas operasional kincir. Rumus yang digunakan dalam perhitungan debit air [22]:

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

(Q) = Debit (m^3/s)

(V) = Volume air (Liter)

(t) = Waktu pengisian air (s)

- Arus

Peningkatan arus secara linier seiring dengan bertambahnya tegangan dalam hasil penelitian tersebut, yang mengonfirmasi Hukum Ohm[23]

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

I = Arus listrik (*Ampere*)

V = Tegangan (*Volt*)

R = Hambatan (*Ohm*)

- Momen atau torsi

Momen atau torsi yaitu besaran yang menyatakan seberapa besar gaya dorong yang dapat diproduksi oleh kincir air. Menghitung torsi dapat menggunakan persamaan berikut[13]:

$$T = \rho \times Q \times v \times r \dots \dots (3)$$

Keterangan:

T = Momen kincir (N.m)

r = Jari-jari kincir (m)

v = Kecepatan Aliran Air (m/s)

Q = Debit (m^3/s)

ρ = Massa Jenis air

- Kecepatan Sudut

Setelah mendapatkan hasil dari torsi untuk menghitung daya maka di butuhkan untuk menghitung kecepatan ngular atau kecepatan sudut dengan persamaan berikut [6]:

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

ω = kecepatan angular (rad/s)

n = putaran (Rpm)

π = konstanta Lingkaran (3,14)

60 =Faktor konversi dari menit ke detik

- Daya Kincir

Aliran air *output* pompa berasal dari energi potensial dan energi kinetik yang berasal dari pemompaan. Besarnya aliran *output* pompa ditentukan dengan persamaan berikut [24]:

$$P = \tau .\omega \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

P = daya mekanis roda air (*Watt*)

τ = momen/torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut(rad/s)

- Daya Listrik

Daya listrik sebenarnya daya yang dibutuhkan oleh beban. Daya listrik menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban. Hal tersebut dapat dikonversikan menjadi energi lain dengan satuan daya aktif adalah *Watt (W)*[25]

$$P = V \times I \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

P = daya listrik (Watt),

V = tegangan listrik (Volt),

I = arus listrik (Ampere)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dengan Ansys Fluent

Hasil simulasi menggunakan *software Ansys Fluent* dengan metode *steady-state* digunakan untuk menganalisis karakteristik aliran fluida pada kincir air terhadap variasi jumlah bilah dalam menghasilkan momen (torsi), dan RPM. Metode *steady-state* menunjukkan kondisi aliran yang stabil sehingga distribusi kecepatan, tekanan, dan gaya fluida pada setiap bilah dapat diamati secara konstan. Berikut tabel dari pengujian menggunakan *ansys* :

Tabel 1. Pengujian menggunakan Ansys Fluent

No	Jumlah Bilah	Sudut Bilah	Debit	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1.	9	120°	0,000404 m ³ /s	383	12 V	90 mA	0,802 watt
2.	12	120°	0,000404 m ³ /s	401	12 V	130 mA	1,67 watt
3.	15	120°	0,000404 m ³ /s	392	12 V	110 mA	1,23 watt
4.	18	120°	0,000404 m ³ /s	387	12 V	100 mA	0,821 watt

- Perhitungan Debit

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

(Q) = debit (m³/s)

(V) = Volume air (Liter)

(t) = Waktu pengisian air (s)

Diketahui:

(V) = Volume air = 19 Liter

(t) = Waktu pengisian air = 47 s

Maka,

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

$$Q = \frac{19}{47}$$

$$Q = 0,404 \text{ L/s}$$

Jika dikonversi menjadi m³/s

$$19 \text{ L} = 0,019 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0,019}{47}$$

$$Q = 0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit aliran air pada seluruh variasi jumlah bilah (9, 12, 15, dan 18 bilah) memiliki nilai yang sama yaitu 0,000404 m³/s. Kesamaan nilai debit ini disebabkan oleh luas penampang aliran dan kecepatan aliran yang dijaga konstan selama penelitian. Oleh karena itu, perbedaan performa kincir air yang diperoleh pada setiap variasi jumlah bilah dapat dikaitkan langsung dengan pengaruh jumlah bilah, tanpa dipengaruhi oleh perubahan debit aliran air.

- Perhitungan Kecepatan Sudut

$$\omega = \frac{2\pi \cdot \text{RPM}}{60} \approx \text{rad/s} \dots (8)$$

Keterangan:

P = Daya mekanik kincir (Watt)

T = Momen kincir (N.m)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

RPM = Putaran per menit (*Revolutions Per Minute*)

π = Konstanta pi (3,14)

60 = Faktor konversi dari menit ke detik

Perhitungan Kecepatan Sudut Bilah 9

RPM = 383

Momen = 0,02 N.m

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 383}{60} \approx 40,11 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,02 \times 40,11 = 0,802 \text{ Watt}$$

Perhitungan Kecepatan Sudut Bilah 12

RPM = 401

Momen = 0,04 N.m

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 401}{60} \approx 41,91 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,04 \times 41,91 = 1,67 \text{ Watt}$$

Perhitungan Kecepatan Sudut Bilah 15

RPM = 392

Momen = 0,03 N.m

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 392}{60} \approx 41,05 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,03 \times 41,05 = 1,23 \text{ Watt}$$

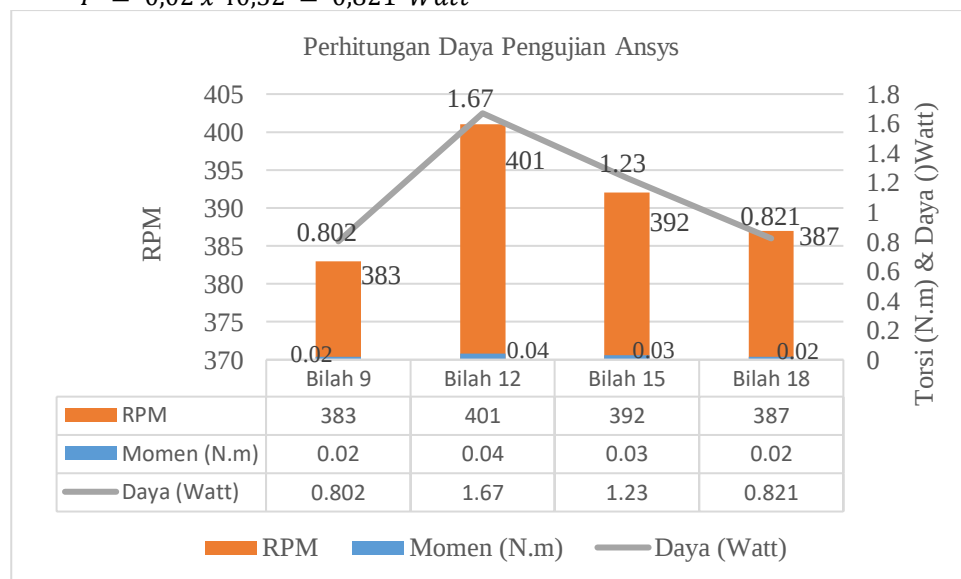
Perhitungan Kecepatan Sudut Bilah 18

RPM = 387

Momen = 0,02 N.m

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 387}{60} \approx 40,52 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,02 \times 40,52 = 0,821 \text{ Watt}$$



Gambar 7. Grafik Perhitungan Daya

Peningkatan jumlah bilah dari 9 ke 18 menunjukkan kenaikan RPM, momen, dan daya yang cukup signifikan. Pada bilah 9 diperoleh RPM 383, momen 0,02 dan daya 0,802 Watt, kemudian meningkat pada bilah 12 menjadi RPM 401, momen 0,04, dan daya 1,67 Watt. Pada bilah 15 dengan RPM 392,

momen 0,03, dan daya sebesar 1,23 Watt. Namun, setelah melewati bilah 15, peningkatan jumlah bilah tidak lagi menghasilkan kenaikan daya yang konsisten. Pada bilah 18 dengan RPM 387 dan momen 0,02 didapat daya sebesar 0,821 watt, RPM justru menurun atau tidak stabil, sehingga daya yang dihasilkan hanya meningkat sedikit atau bahkan cenderung stagnan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat jumlah bilah optimum, yaitu pada sekitar 12 bilah, di mana kombinasi antara RPM dan momen menghasilkan daya yang paling efektif. Penambahan bilah lebih lanjut dapat menyebabkan hambatan aliran sehingga menurunkan performa sistem secara keseluruhan.

- Perhitungan Arus

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

I = Arus listrik (*Ampere*)

P = Daya listrik (*Watt*)

V = Tegangan listrik (*Volt*)

Perhitungan Arus Bilah 9

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{0,802}{12} = 90 \text{ mA}$$

Perhitungan Arus Bilah 12

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1,67}{12} = 130 \text{ mA}$$

Perhitungan Arus Bilah 15

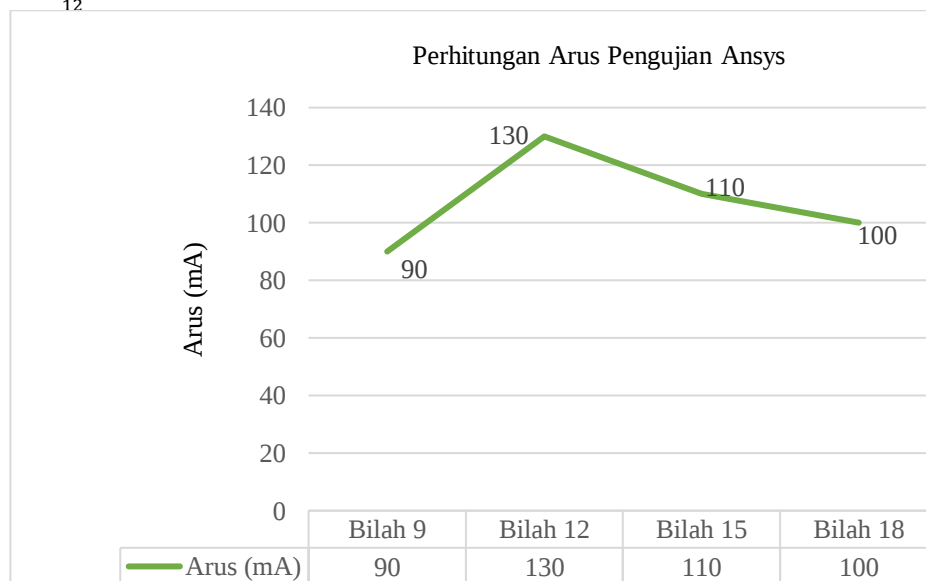
$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1,23}{12} = 110 \text{ Ma}$$

Perhitungan Arus Bilah 18

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{0,821}{12} = 100 \text{ mA}$$



Gambar 8. Grafik Perhitungan Arus

Berdasarkan peningkatan jumlah bilah dari 9 ke 18 menyebabkan kenaikan arus dan daya secara bertahap. Pada bilah 9, arus sebesar 8,5 A dengan daya 102,5 Watt, kemudian meningkat pada bilah 12 menjadi 9,2 A dan daya 111,5 Watt, serta pada bilah 15 mencapai 11,63 A dengan daya 139,6 Watt. Namun, setelah bilah 15, kenaikan jumlah bilah tidak lagi memberikan peningkatan yang signifikan. Pada bilah 18, arus terjadi penurunan 10,1 A dan cenderung stagnan, sementara daya juga hanya mengalami penurunan pada bilah 18. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat batas optimal jumlah bilah, di mana penambahan bilah selanjutnya tidak lagi meningkatkan performa secara berarti. Bahkan, kemungkinan terjadi hambatan aliran atau penurunan efisiensi yang menyebabkan kinerja sistem tidak berkembang secara signifikan.

Pengujian Aktual

Hasil pengujian aktual digunakan untuk menganalisis karakteristik pada kincir air terhadap variasi jumlah bilah dalam menghasilkan , momen (torsi), dan RPM. Berikut tabel dari pengujian aktual :

Tabel 2. Hasil Pengujian Aktual

No	Jumlah Bilah	Sudut Bilah (°)	Debit (m ³ /s)	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1.	9	120°	0,000404 m ³ /s	319	3,92 V	80 mA	0,313 watt
2.	12	120°	0,000404 m ³ /s	367	4,04V	110 mA	0,444 watt
3.	15	120°	0,000404 m ³ /s	344	4.00 V	100 mA	0,404 watt
4.	18	120°	0,000404 m ³ /s	341	3,97 V	90 mA	0,357 watt

- Perhitungan Debit

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

(Q) = debit (m³/s)

(A) = luas penampang aliran air (m²)

(v) = kecepatan aliran air (m/s)

Diketahui:

(V) = Volume air = 19 Liter

(t) = Waktu pengisian air = 47 s

Maka,

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

$$Q = \frac{19}{47}$$

$$Q = 0,404 \text{ L/s}$$

Jika menjadi m³/s

$$19 \text{ L} = 0,019 \text{ m}^3$$

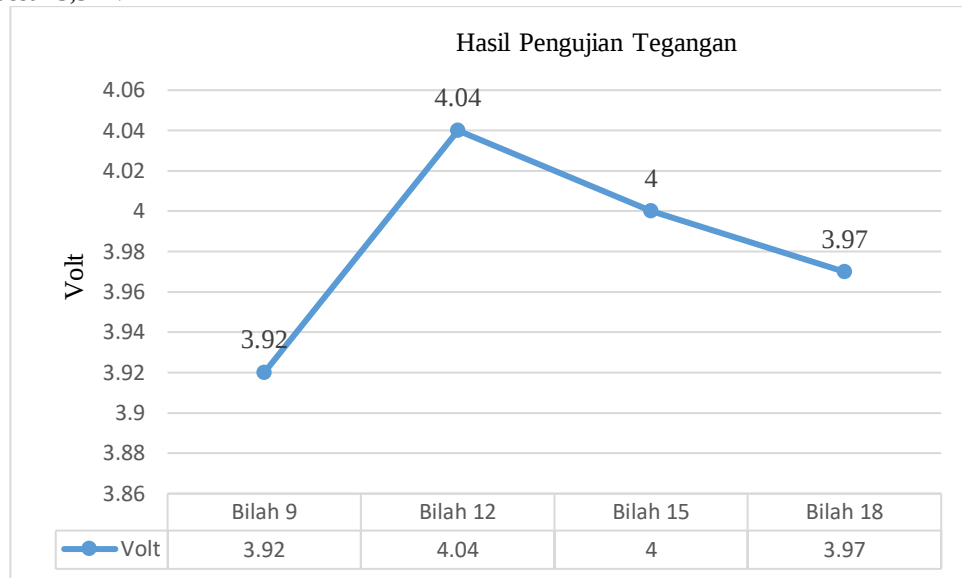
$$Q = \frac{0,019}{47}$$

$$Q = 0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit aliran air pada seluruh variasi jumlah bilah (9, 12, 15, dan 18 bilah) memiliki nilai yang sama yaitu 0,000404 m³/s. Kesamaan nilai debit ini disebabkan oleh luas penampang aliran dan kecepatan aliran yang dijaga konstan selama penelitian. Oleh karena itu, perbedaan performa kincir air yang diperoleh pada setiap variasi jumlah bilah dapat dikaitkan langsung dengan pengaruh jumlah bilah, tanpa dipengaruhi oleh perubahan debit aliran air.

- Pengujian Secara Aktual Mencari Volt menggunakan Volt Meter Digital : (1) Pengujian *volt* pada bilah 9 di dapatkan sebesar 3,92 V, (2) Pengujian *volt* pada bilah 12 di dapatkan sebesar 4,04 V, (3)

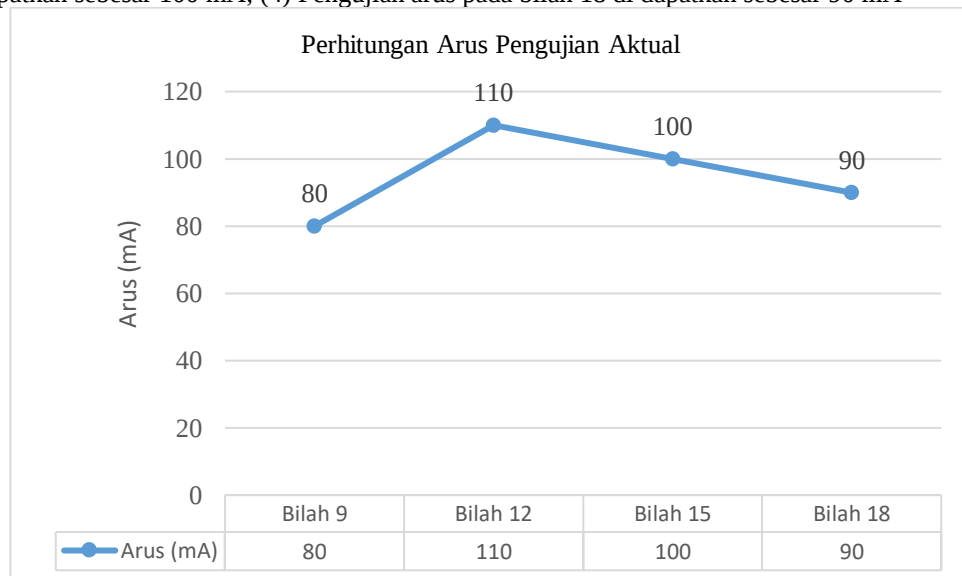
Pengujian *volt* pada bilah 15 di dapatkan sebesar 4,00 V, (4) Pengujian *volt* pada bilah 18 di dapatkan sebesar 3,97 V



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian *voltase* secara langsung, diperoleh nilai arus untuk setiap variasi pengujian. Pada pengujian bilah 9, diperoleh *volt* sebesar 3,92 V. Pada pengujian bilah 12, diperoleh *volt* sebesar 4,04 V yang merupakan nilai arus tertinggi dari seluruh pengujian. Selanjutnya, pada pengujian bilah 15 diperoleh *volt* sebesar 4,00 V, pada momen ini terdapat penurunan pada *volt* yang dihasilkan. Pada pengujian bilah 18 diperoleh *volt* sebesar 3,97 V. Semakin tinggi kecepatan putar kincir air, semakin besar tegangan (*voltase*) yang dihasilkan oleh generator. Peningkatan kecepatan putaran menyebabkan rotor generator berputar lebih cepat sehingga laju perubahan *fluks* magnetik meningkat. Kondisi tersebut menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) yang lebih besar, sehingga nilai tegangan keluaran generator juga mengalami peningkatan.

- Pengujian Secara Aktual Mencari Arus : (1) Pengujian arus pada bilah 9 di dapatkan sebesar 80 mA, (2) Pengujian arus pada bilah 12 di dapatkan sebesar 110 mA, (3) Pengujian arus pada bilah 15 di dapatkan sebesar 100 mA, (4) Pengujian arus pada bilah 18 di dapatkan sebesar 90 mA



Gambar 10. Grafik Pengujian Arus

Berdasarkan grafik hasil pengujian arus listrik secara langsung, diperoleh nilai arus untuk setiap variasi pengujian. Pada pengujian bilah 9, diperoleh arus sebesar 80 mA. Pada pengujian bilah 12, diperoleh arus sebesar 110 mA yang merupakan nilai arus tertinggi dari seluruh pengujian. Selanjutnya, pada pengujian bilah 15 diperoleh arus sebesar 100 mA, pada momen ini terdapat penurunan pada arus yang dihasilkan. Pada pengujian bilah 18 diperoleh arus sebesar 90 mA. Perbedaan nilai arus pada setiap pengujian dipengaruhi oleh perubahan tegangan keluaran generator dan nilai hambatan yang terukur. Semakin tinggi tegangan yang dihasilkan generator dengan nilai hambatan yang relatif sama, maka arus yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi pengujian bilah 12 menghasilkan performa listrik terbaik karena menghasilkan arus terbesar, yaitu 110 mA..

- Perhitungan Daya Listrik Menggunakan Generator

$$P = V \times I \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

P = daya listrik (*Watt*),

V = tegangan listrik (*Volt*),

I = arus listrik (*Ampere*)

Perhitungan daya listrik pada bilah 9

$$P = V \times I$$

$$P = 3,92 \times 0,08$$

$$P = 0,313 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 12

$$P = V \times I$$

$$P = 4,04 \times 0,11$$

$$P = 0,444 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 15

$$P = V \times I$$

$$P = 4,00 \times 0,10$$

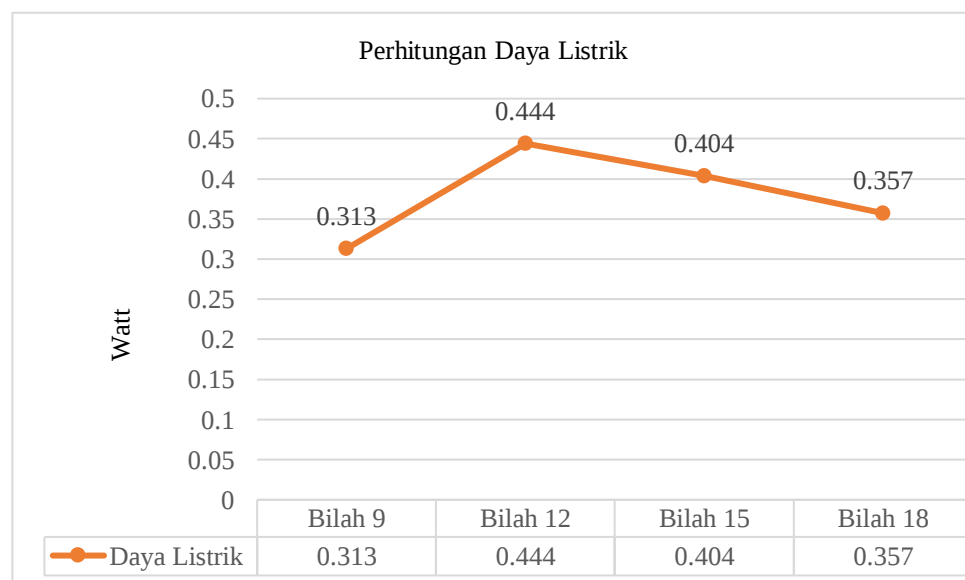
$$P = 0,400 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 18

$$P = V \times I$$

$$P = 3,97 \times 0,09$$

$$P = 0,357 \text{ Watt}$$



Gambar 11. Grafik Pengujian Daya Listrik

Berdasarkan hasil perhitungan daya listrik keluaran generator menggunakan, diperoleh nilai daya yang berbeda pada setiap kondisi pengujian. Pada pengujian bilah 9 dengan tegangan 3,92 V dan arus 80 mA, diperoleh daya listrik sebesar 0,313 W. Pada pengujian bilah 12 dengan tegangan 4,04V dan arus 110 mA, diperoleh daya listrik sebesar 0,444 W yang merupakan nilai daya tertinggi dari seluruh pengujian. Selanjutnya, pada pengujian bilah 15 dengan tegangan 4,00 V dan arus 100 mA diperoleh daya listrik sebesar 0,400 W. Pada pengujian bilah dengan tegangan 3,97 V dan arus 90 mA diperoleh daya listrik sebesar 0,357 W. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya listrik yang dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan generator. Semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan, maka semakin besar pula daya listrik yang diperoleh.

Validasi Hasil Simulasi Ansys terhadap Data Aktual

Persentase error digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian antara hasil simulasi ANSYS Fluent dengan hasil pengujian aktual. Nilai error dihitung berdasarkan selisih absolut antara hasil simulasi dan hasil eksperimen yang kemudian dibagi dengan nilai aktual dan dikalikan 100%. Semakin kecil nilai error yang diperoleh, maka semakin baik tingkat validasi model simulasi terhadap kondisi sebenarnya.

Rumus yang digunakan[26]: $\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Aktual}-\text{Ansys}|}{\text{Ansys}} \times 100\% \dots (14)$

Tabel 3. Validasi Hasil Simulasi Ansys Terhadap Data Aktual

No	Jumlah Bilah	Daya Ansys (Watt)	Daya Aktual (Watt)	Selisih (W)	Error (%)
1	9	0,802	0,313	0,48	15
2	12	1,67	0,444	1,22	27
3	15	1,23	0,404	0,81	20
4	18	0,821	0,357	0,46	13

Dari sisi validasi simulasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa *ansys fluent* mampu memberikan prediksi yang cukup baik, terutama pada variasi 15 dan 18 bilah yang memiliki nilai error di bawah 20%. Oleh karena itu, meskipun simulasi dapat digunakan sebagai alat prediksi awal yang efektif, pengujian aktual tetap diperlukan untuk memverifikasi dan memastikan kinerja kincir air yang sebenarnya. Berdasarkan seluruh hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi 12 bilah menghasilkan daya aktual tertinggi sebesar 1,67 Watt, sedangkan konfigurasi 18 bilah menunjukkan tingkat kesesuaian terbaik antara hasil simulasi dan hasil eksperimen dengan error hanya 13 %. Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan jumlah bilah yang tepat sangat penting untuk memperoleh performa kincir air yang optimal, sekaligus membuktikan bahwa simulasi numerik menggunakan *ansys fluent* dapat menjadi metode yang efektif dalam pengembangan kincir

IV. SIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis kinerja kincir air, jumlah baling-baling memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan putar, efisiensi, dan performa sistem secara keseluruhan. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Ansys Fluent* dan pengujian aktual pada turbin air dengan variasi jumlah bilah 9, 12, 15, dan 18 bilah, diperoleh bahwa jumlah bilah berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin. Hasil simulasi menunjukkan daya tertinggi diperoleh pada variasi 12 bilah sebesar 1,67 W, sedangkan hasil pengujian aktual menunjukkan daya tertinggi diperoleh pada variasi 12 bilah sebesar 0,444 W. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh kondisi simulasi menggunakan *ansys* yang menggunakan daya langsung dari kincir, sedangkan pada pengujian actual daya yang di hitung dari generator. Selain itu, faktor gesekan, turbulensi, kerugian mekanis, dan efisiensi sistem pada kondisi nyata juga mempengaruhi hasil pengujian. Pada pengujian ini, penambahan jumlah baling-baling dari 9 ke 12 terbukti meningkatkan performa, ditunjukkan oleh kenaikan debit, RPM, momen, arus, dan daya. Namun, secara teoritis penambahan baling-baling yang berlebihan juga dapat menurunkan performa apabila menyebabkan hambatan aliran atau beban putar terlalu besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada kedua orang tua saya atas segala doa, dukungan, dan motivasi yang diberikan selama proses penelitian ini. Dan juga Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing saya serta Universitas Muhammadiyah

Sidoarjo, Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Teknik Mesin atas dukungan arahan dan bimbingan yang diberikan selama proses studi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman seangkatan Teknik Mesin atas kebersamaan, diskusi, serta dukungan.

REFERENSI

- [1] S. C. Laksmiana, A. Fahrudin, and A. Akbar, "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran pada Turbin Air Crossflow tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya," vol. 3, no. 1, pp. 35–39, 2018.
- [2] F. Fachruddin, A. Syuriadi, A. Nidhar, F. Ramdhan, and R. A. Candra, "Pengujian Variasi Jumlah Dan Sudut Bilah Kincir Air Tipe Breastshot," *J. Poli-Teknologi*, vol. 14, no. 3, 2016, doi: 10.32722/pt.v14i3.770.
- [3] Y. Wiarno and M. Taufiqurrahman, "Studi Pemanfaatan Aliran Sungai Batang Bolli Untuk Penerangan Listrik Rumah Tangga Desa Menggunakan Kincir Air," vol. 4, no. 2, pp. 21–26, 2023.
- [4] J. Mesin, M. Manufaktur, and D. A. N. Energi, "Jurnal mesin material manufaktur dan energi (jmmme).," 2020.
- [5] V. Iswidiyanto and A. Fahrudin, "Variasi Diameter Nozzle dan Buka-an Katup Terhadap Torsi dan Daya Turbin Pelton," vol. 9, no. 1, pp. 0–5, 2024.
- [6] L. S. G.A. Duma *1, "Analisis kinerja turbin air arus bawah bentuk sudu bengkok variasi material dengan Performance analysis of undershot 45 ° crooked blade water turbine with various materials," vol. 12, no. 2, pp. 111–121, 2022.
- [7] B. M. Hermawan *et al.*, "Studi Eksperimen Karakteristik Kinerja Kincir Air sebagai Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, p. 475, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i3.3088.
- [8] F. Muhaemin and B. T. L. M. Rezky, "Rancang Bangun Kincir Air Undershot Sebagai Pembangkit Listrik Pada Saluran Irigasi," pp. 1–88, 2023.
- [9] P. Penelitian, D. A. N. Pengabdian, K. Masyarakat, P. Negeri, and U. Pandang, "P r o s i d i n g," vol. 7, no. November, pp. 1–7, 2022.
- [10] J. Yohanes Morong, "Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan," *Kementeri. Ris. Teknol. Dan Pendidik. Tinggi Politek. Negeri Manad.*, pp. 1–35, 2016.
- [11] A. D. Pangestu and N. Kn, "Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool," vol. 5, no. 3, pp. 58–65.
- [12] J. Rahmadi, I. Yusuf, and H. Priyatman, "304907329," vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2015.
- [13] R. E. P. U and A. F. Hanafi, "Perancangan dan pembuatan undershot waterwheel sebagai penggerak spiral pump untuk irigasi pertanian design and manufacture of undershot waterwheel as a spiral pump driven for agricultural irrigation," vol. 8, no. 1, pp. 13–24, 2023, doi: 10.20527/sjme kinematika.v8i1.242.
- [14] E. P. dan M. Suyanta, "Studi Potensi Dan Pemanfaatan Aliran Air Sungai Untuk PLTMH Menggunakan Kincir Sudu Bersirip," vol. 12, no. 2, pp. 32–39, 2018.
- [15] L. Safira *et al.*, "Perbandingan Geometri Bilah Kincir Air Dalam," vol. 8, no. 2, pp. 58–64, 2023.
- [16] J. Manajemen and A. Nugroho, "MATRIK Pengembangan Model Nosel Terhadap Sudu Turbin Air," vol. XXI, no. 1, 2020, doi: 10.350587/Matrik.
- [17] Rinaldi, A. Hendri, and A. Junaidi, "Model Fisik Kincir Air Sebagai Pembangkit Listrik," *Annu. Civ. Eng. Semin.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2015.
- [18] K. Aliah Rahman, "Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air," *J. Din.*, vol. 2, no. 12, pp. 76–79, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.ustj.ac.id/dinamis/article/download/94/60>
- [19] P. P. Fisika, J. P. Mipa, and F. Keguruan, "No Title".
- [20] M. Waruwu, S. Natijatul, P. R. Utami, and E. Yanti, "Metode Penelitian Kuantitatif : Konsep , Jenis , Tahapan dan Kelebihan," vol. 10, pp. 917–932, 2025.
- [21] M. H. Kurniawan and K. K. Ayuningtiyas, "Analisis Eksperimental Pengaruh Performa Aliran Natural (Tanpa Pengarah) dan Penggunaan Nozzle Pada Kincir Air Jenis Breastshot," vol. 5, no. 1, pp. 39–42, 2022.
- [22] I. R. A. Jurnal, T. Mesin, M. Idris, I. Hermawan, and B. H. Simamora, "Analisis Kinerja Kincir Air Tipe Undershot Bahan Aluminium Dengan Jumlah 10 Sudu dan Sudut 20° Performance Analysis of Aluminum Undershot Waterwheel Type with 10 Blades and 20° Angle," vol. 1, no. 3, pp. 37–43, 2023.

- [23] D. T. Saputri, A. W. Putri, A. Marfa, and B. Buanasari, “Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Pengukuran Hukum OHM Berbasis Simulasi Phet HTML5,” vol. 4, 2025.
- [24] S. Eksperimen, R. Air, D. Variasi, and J. Sudu, “Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin UKI Toraja 2022,” 2022.
- [25] B. Prasetyo, P. N. Bengkalis, P. N. Bengkalis, P. N. Bengkalis, and D. Voltage, “Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Sistem Distribusi PT PLN ULP Bengkalis Penyulang Banten Rc Meskom Menggunakan ETAP,” vol. 7, no. 2, pp. 96–106, 2025.
- [26] A. De Myttenaere and B. Golden, “Mean Absolute Percentage Error for Regression Models”.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.