

The Effect of Blade Shape on Water Wheel Performance

[Pengaruh Bentuk Baling-Baling Terhadap Kinerja Kincir Air]

Muhammad Yofi Risky Ariyanto¹⁾, Dr. Eng Rachmat Firdaus, S.T., M.T.²⁾

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. This study aims to analyze the effect of blade angle and blade number variations on the performance of a water turbine based on ANSYS Fluent simulation results and experimental testing. The research method used is an experimental approach combined with numerical simulation using the Multiple Reference Frame (MRF) model and direct testing on a water turbine prototype. The blade variations include angles of 100°, 110°, and 120° with configurations of 6 and 9 blades. The analyzed parameters include rotational speed (RPM), torque, mechanical power, and electrical output power. The results show that increasing the blade angle generally improves turbine performance. The best configuration is obtained at a 120° blade angle, which produces the highest power output in both simulation and experimental results. These discrepancies are caused by idealized simulation conditions and real-world losses such as friction and fluid flow variations. Overall, the study indicates that blade geometry significantly affects the energy conversion efficiency of a water turbine system.

Keywords - Water Turbine, Blade Angle, ANSYS Fluent, RPM, Energy Efficiency

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut dan jumlah bilah terhadap performa kincir air berdasarkan hasil simulasi ANSYS Fluent dan pengujian aktual. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan numerik menggunakan simulasi Multiple Reference Frame (MRF) serta pengujian langsung pada prototipe kincir air. Variasi yang digunakan meliputi sudut bilah 100°, 110°, dan 120° dengan konfigurasi 6 dan 9 bilah. Parameter yang dianalisis meliputi kecepatan putaran (RPM), torsi, daya mekanik, dan daya listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan sudut bilah secara umum meningkatkan performa kincir air. Konfigurasi terbaik diperoleh pada sudut 120° yang menghasilkan daya tertinggi baik pada simulasi maupun pengujian aktual. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan kondisi ideal pada simulasi dan kondisi nyata di lapangan, termasuk kehilangan energi akibat gesekan dan variasi aliran fluida. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi geometri sudu memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi konversi energi pada kincir air.

Kata Kunci - Kincir Air, Sudut Bilah, ANSYS Fluent, RPM, Efisiensi Energi

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan teknologi, serta meningkatnya aktivitas industri dan rumah tangga. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil semakin terbatas dan berdampak negatif terhadap lingkungan, termasuk pemanasan global akibat emisi karbon yang dihasilkan [1], [2]. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang besar, terutama energi air, karena kondisi geografisnya yang didominasi oleh sungai dan aliran irigasi. Energi air merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik ramah lingkungan, baik dalam skala besar maupun skala kecil seperti mikrohidro [3], [4]. Pemanfaatan mikrohidro sangat sesuai untuk daerah pedesaan dan wilayah terpencil karena memiliki konstruksi sederhana dan biaya operasional yang rendah [5].

Kincir air merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pembangkit mikrohidro yang berfungsi mengubah energi kinetik aliran air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Kincir air memiliki keunggulan berupa konstruksi sederhana, biaya pembuatan rendah, serta mudah dalam perawatan [6]. Kinerja kincir air sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran (RPM) yang dihasilkan, yang bergantung pada torsi akibat gaya aliran air pada sudu atau baling-baling.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bentuk dan geometri sudu memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik aliran fluida, distribusi tekanan, serta gaya dorong pada permukaan sudu kincir [7]. Variasi bentuk baling-baling seperti sudut sudu dan jumlah bilah akan memengaruhi sudut serang aliran air, sehingga berdampak pada efisiensi konversi energi [8].

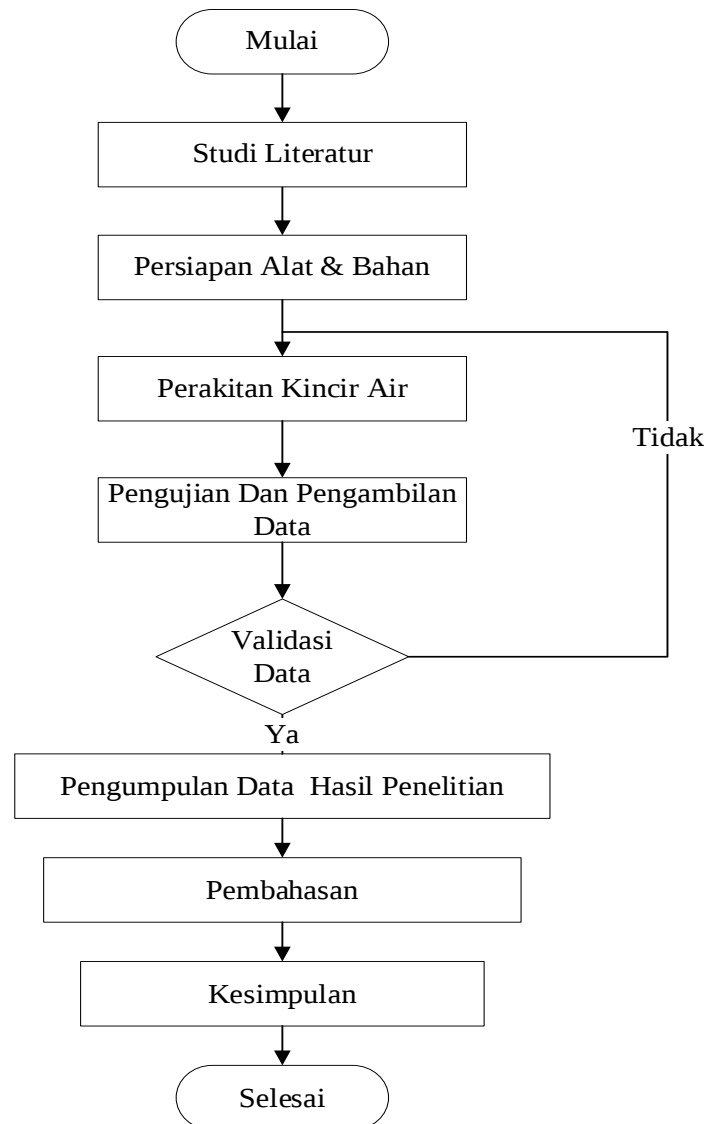
Selain itu, dalam kondisi operasional nyata, kincir air tidak bekerja tanpa beban. Penggunaan motor DC sebagai generator menyebabkan adanya tahanan mekanik yang memengaruhi kecepatan putaran sistem. Pembebanan ini terbukti dapat menurunkan RPM dan memengaruhi kestabilan daya keluaran sistem mikrohidro [9].

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan penelitian eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk baling-baling terhadap kinerja kincir air pada kondisi berbeban motor DC. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan

kontribusi dalam pengembangan desain kincir air yang lebih optimal untuk sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil.

II. METODE

- A. Dalam penelitian ini, langkah-langkah proses penelitian akan dijelaskan dalam diagram alir (*flow chart*), Diagram alir (*flow chart*) dapat dilihat gambar tersebut

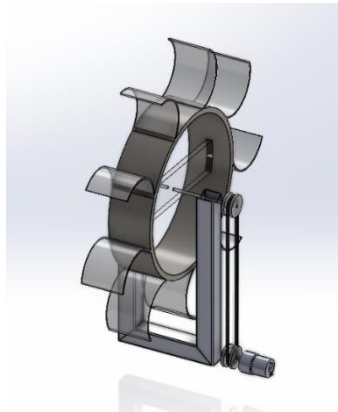


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Desain Sistem Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk baling-baling terhadap kinerja kincir air. Sistem yang digunakan terdiri atas kincir air sebagai pengubah energi aliran menjadi energi mekanik, poros dan rangka sebagai penopang, serta sistem transmisi berupa puli dan belt yang menghubungkan kincir dengan motor DC sebagai generator.

Aliran air diarahkan langsung ke sudu kincir untuk menghasilkan putaran. Putaran tersebut diteruskan ke motor DC yang berfungsi sebagai generator untuk menghasilkan energi listrik. Kinerja sistem diamati melalui parameter kecepatan putaran (RPM), tegangan, dan arus keluaran.

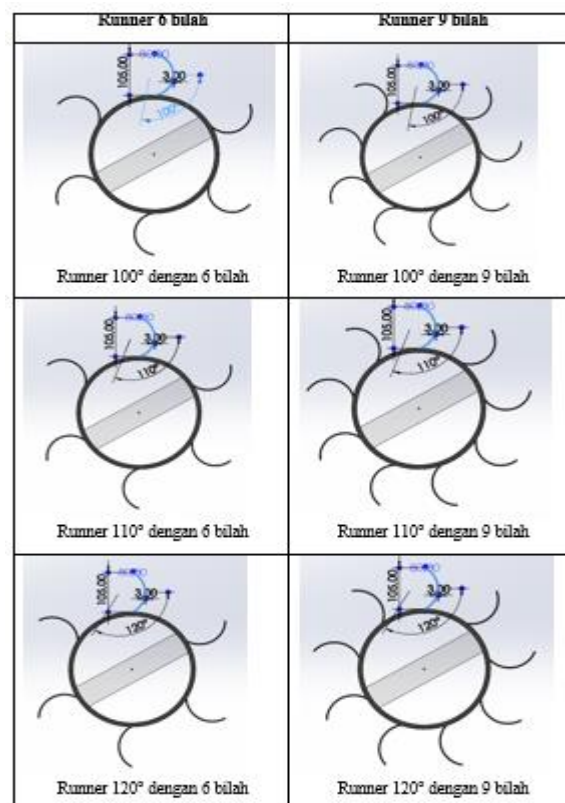


Gambar 2. Desain Kincir Air

C. Variasi Objek Penelitian

Objek penelitian berupa kincir air dengan variasi bentuk baling-baling yang dibedakan berdasarkan sudut sudu dan jumlah bilah. Variasi yang digunakan adalah sudut sudu 100° , 110° , dan 120° dengan dua konfigurasi jumlah bilah, yaitu 6 bilah dan 9 bilah.

Perbedaan geometri ini digunakan untuk mengetahui pengaruh bentuk baling-baling terhadap kemampuan kincir dalam menangkap energi aliran air dan menghasilkan putaran poros.



Gambar 3. Desain dan Jumlah Bilah

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

Menyiapkan alat dan bahan penelitian, Merakit sistem kincir air beserta transmisi puli dan belt, Memasang motor DC sebagai generator pada system, Mengatur arah dan intensitas aliran air agar mengenai sudu kincir secara optimal, Melakukan pengujian tanpa beban untuk mengukur RPM tiap variasi baling-baling, Melakukan pengujian dengan

beban motor DC untuk memperoleh data tegangan dan arus, Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk meningkatkan akurasi data. Mencatat seluruh hasil pengukuran untuk dianalisis lebih lanjut.

E. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu:

1. Pengujian Tanpa Beban

Pada tahap ini kincir air diuji tanpa terhubung ke beban listrik. Parameter yang diukur adalah kecepatan putaran (RPM) menggunakan tachometer digital. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan maksimum putaran setiap variasi baling-baling.

2. Pengujian Dengan Beban

Pada tahap ini motor DC digunakan sebagai beban sekaligus generator. Data yang diukur meliputi RPM, tegangan (V), dan arus (I). Daya listrik keluaran dihitung menggunakan persamaan:

$P_{gen} = V \times I$. Hasil pengujian ini digunakan untuk menganalisis performa dan efisiensi sistem kincir air.

F. Metode Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan nilai RPM, tegangan, arus, dan daya listrik dari setiap variasi baling-baling. Efisiensi sistem dihitung menggunakan perbandingan antara daya keluaran generator dan daya hidrolis dari aliran air. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan variasi bentuk baling-baling sebagai variabel utama. Pengujian dilakukan dalam kondisi tanpa beban dan berbeban untuk mendapatkan data performa kincir air secara komprehensif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Numerik (ANSYS Fluent)

Simulasi numerik menggunakan ANSYS Fluent dengan metode *Multiple Reference Frame (MRF)* dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut dan jumlah bilah terhadap performa kincir air. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi bentuk bilah memberikan pengaruh signifikan terhadap performa kincir. Peningkatan sudut bilah dari 100° hingga 120° cenderung meningkatkan kecepatan putar dan daya pada beberapa konfigurasi. Secara umum, konfigurasi dengan sudut 120° pada 6 bilah menghasilkan daya tertinggi sebesar 1,66 W dengan RPM mencapai 397. Sementara itu, pada konfigurasi 9 bilah, daya tertinggi mencapai 1,67 W pada sudut 120° , namun dengan RPM yang lebih tinggi dibandingkan konfigurasi 6 bilah.

No	Sudut Bilah	Jumlah Bilah	Debit	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	100°	6	0,000404 m^3/s	376	12 V	65 mA	0,78 watt
2	110°	6	0,000404 m^3/s	388	12 V	100 mA	1,21 watt
3	120°	6	0,000404 m^3/s	397	12 V	138 mA	1,66 watt
4	100°	9	0,000404 m^3/s	386	12 V	66 mA	0,80 watt
5	110°	9	0,000404 m^3/s	392	12 V	103 mA	1,23 watt
6	120°	9	0,000404 m^3/s	401	12 V	134 mA	1,67 watt

Tabel 1. Hasil Simulasi Numerik (ANSYS Fluent)

B. Hasil Perhitungan Debit Aliran

Debit aliran dihitung berdasarkan luas penampang dan kecepatan aliran menggunakan persamaan $Q = \frac{V}{t}$. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan aliran dengan variasi jumlah 6 dan 9 bilah terjadi secara konstan

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

Keterangan:

- Q = Debit (m^3/s)
- V = Volume air (Liter)
- t = Waktu pengisian air (s)

Perhitungan Debit

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 m^3/s

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

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

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

C. Hasil Perhitungan Daya Kincir

Daya mekanik kincir dihitung berdasarkan hubungan antara momen dan kecepatan sudut menggunakan persamaan $\omega = \frac{2\pi \cdot \text{RPM}}{60} \approx \text{rad/s}$. Hasil menunjukkan bahwa pada konfigurasi 6 bilah, daya meningkat seiring bertambahnya sudut bilah, yaitu dari 0,78 W pada sudut 100° menjadi 1,66 W pada sudut 120° . Pada konfigurasi 9 bilah, daya meningkat lebih signifikan dan mencapai nilai maksimum 1,67 W pada sudut 120° . Hal ini menunjukkan bahwa sudut bilah yang lebih besar mampu meningkatkan konversi energi fluida menjadi energi mekanik secara lebih efektif.

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

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 daya bilah 100° bilah 6

$$\text{RPM} = 376$$

$$\text{Momen} = 0,02 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 376}{60} \approx 39,37 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,02 \times 39,37 = 0,78 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya bilah 110° bilah 6

$$\text{RPM} = 388$$

$$\text{Momen} = 0,03 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 388}{60} \approx 40,63 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,03 \times 40,63 = 1,21 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya bilah 120° bilah 6

$$\text{RPM} = 397$$

$$\text{Momen} = 0,04 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 397}{60} \approx 41,57 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,04 \times 41,57 = 1,66 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya bilah 100° bilah 9

$$RPM = 386$$

$$\text{Momen} = 0,02 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 386}{60} \approx 40,42 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,02 \times 40,42 = 0,80 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya bilah 110° bilah 9

$$RPM = 392$$

$$\text{Momen} = 0,03 \text{ N.m}$$

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

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

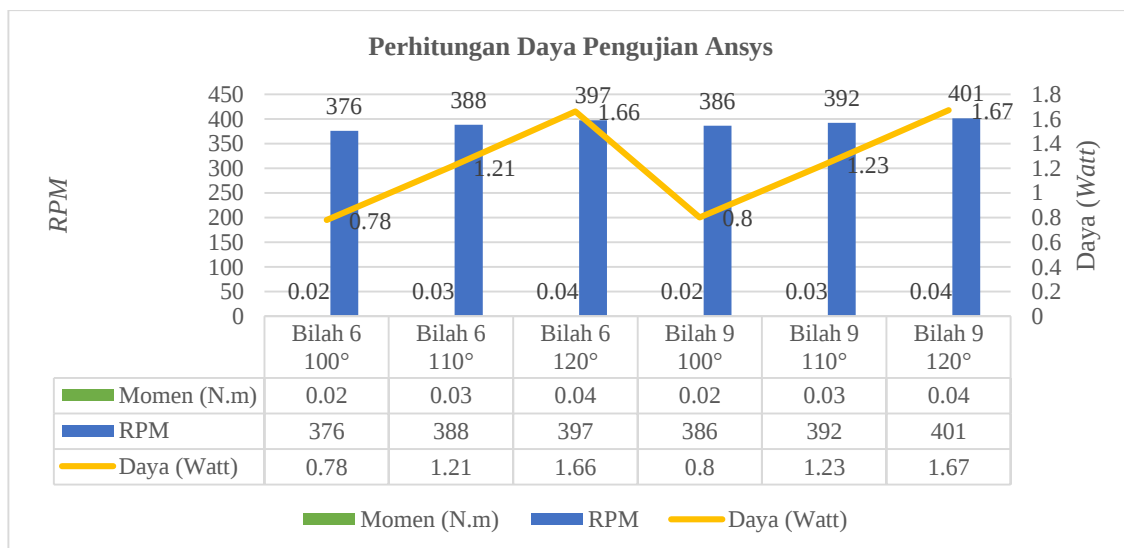
Perhitungan daya bilah 120° bilah 9

$$RPM = 401$$

$$\text{Momen} = 0,04 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 401}{60} \approx 41,99 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,04 \times 41,99 = 1,67 \text{ Watt}$$



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Daya

D. Hasil Perhitungan Arus Kincir

Hasil penelitian menunjukkan perubahan sudut bilah memengaruhi daya dan arus yang dihasilkan turbin, sedangkan tegangan tetap konstan pada 12 V. Pada 6 bilah, peningkatan sudut dari 100° ke 120° menaikkan daya dari 0,78 W menjadi 1,66 W dan arus dari 65 mA menjadi 138 mA. Pada 9 bilah, daya meningkat signifikan dari 0,80 W (100°) menjadi 1,67 W (120°), dengan arus naik dari 66 mA menjadi 139 mA. Dengan demikian, sudut bilah 120° memberikan performa terbaik karena menghasilkan daya dan arus tertinggi.

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- I = Arus listrik (Ampere)
- P = Daya listrik (Watt)
- V = Tegangan listrik (Volt)

Perhitungan arus bilah 100° bilah 6

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

$$I = \frac{0,78}{12} = 0,065 \text{ A} \times 1.000 = 65 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 110° bilah 6

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

$$I = \frac{1,21}{12} = 0,100 \text{ A} \times 1.000 = 100 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 120° bilah 6

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

$$I = \frac{1,66}{12} = 0,138 \text{ A} \times 1.000 = 138 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 100° bilah 9

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

$$I = \frac{0,80}{12} = 0,066 \text{ A} \times 1.000 = 66 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 110° bilah 9

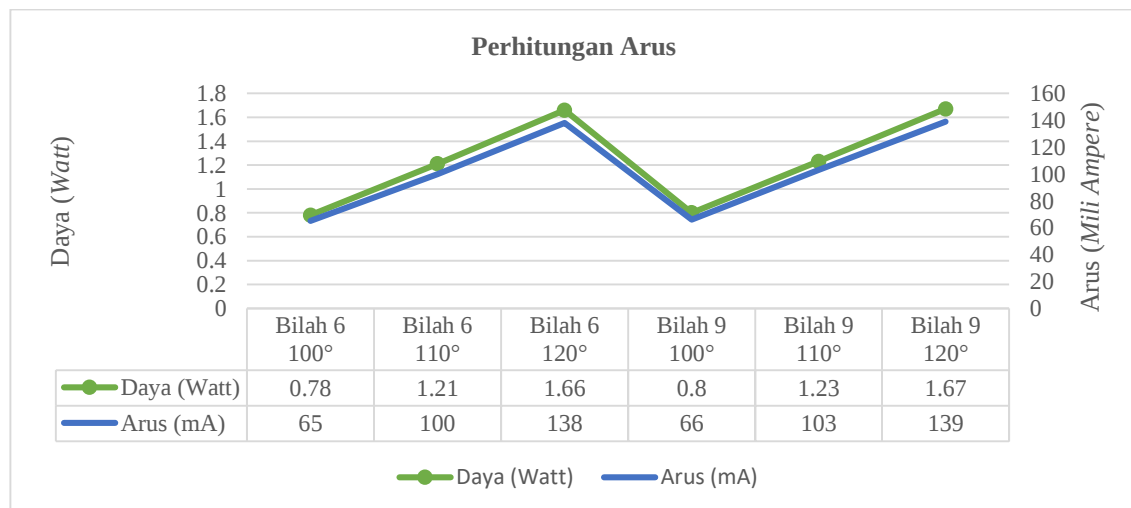
$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1,23}{12} = 0,103 \text{ A} \times 1.000 = 103 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 120° bilah 9

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

$$I = \frac{1,67}{12} = 0,139 \text{ A} \times 1.000 = 139 \text{ mA}$$



Gambar 5. Grafik Hasil Perhitungan Arus

E. Hasil Pengujian Aktual

Pengujian langsung pada sistem kincir air menunjukkan bahwa perubahan sudut bilah juga mempengaruhi kecepatan putar dan daya keluaran generator.

Pada kondisi aktual dengan debit $0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$, kecepatan putar meningkat dari 319 RPM pada sudut 100° menjadi 367 RPM pada sudut 120° untuk konfigurasi 9 bilah. Daya listrik yang dihasilkan juga meningkat dari $0,31 \text{ W}$ menjadi $0,49 \text{ W}$. Secara umum, konfigurasi 9 bilah menghasilkan daya listrik yang lebih stabil dibandingkan 6 bilah, meskipun hasil simulasi menunjukkan nilai yang lebih tinggi.

No	Sudut Bilah	Jumlah Bilah	Debit	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	100°	6	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	319	$3,72 \text{ V}$	83 mA	$0,31 \text{ watt}$
2	110°	6	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	332	$3,84 \text{ V}$	87 mA	$0,33 \text{ watt}$
3	120°	6	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	346	$4,00 \text{ V}$	92 mA	$0,37 \text{ watt}$
4	100°	9	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	335	$3,86 \text{ V}$	90 mA	$0,35 \text{ watt}$
5	110°	9	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	344	$3,97 \text{ V}$	100 mA	$0,40 \text{ watt}$
6	120°	9	$0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$	367	$4,04 \text{ V}$	121 mA	$0,49 \text{ watt}$

Tabel 2. Hasil Pengujian Aktual

Perhitungan Debit

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- Q = Debit (m^3/s)
- V = Volume air (*Liter*)
- t = Waktu pengisian air (s)

Perhitungan Debit

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 m^3/s

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

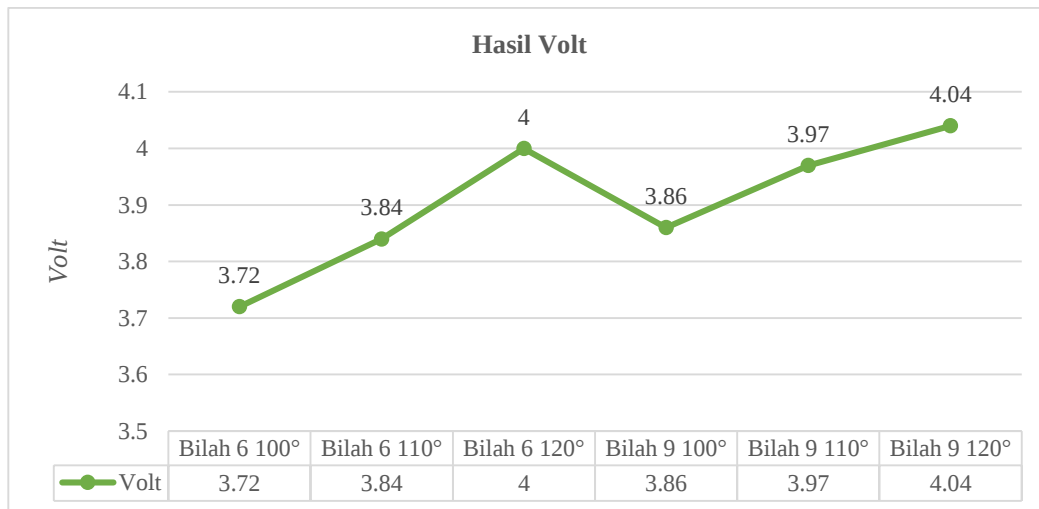
$$Q = \frac{0,019}{47}$$

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

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit aliran air pada seluruh variasi jumlah bilah (6 dan 9 bilah) memiliki nilai yang sama yaitu $0,000404 \text{ m}^3/\text{s}$. 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*

- Pengujian *volt* pada bilah 6 100° di dapatkan sebesar $3,72 \text{ V}$
- Pengujian *volt* pada bilah 6 110° di dapatkan sebesar $3,84 \text{ V}$
- Pengujian *volt* pada bilah 6 120° di dapatkan sebesar $4,00 \text{ V}$
- Pengujian *volt* pada bilah 9 100° di dapatkan sebesar $3,86 \text{ V}$
- Pengujian *volt* pada bilah 9 110° di dapatkan sebesar $3,97 \text{ V}$
- Pengujian *volt* pada bilah 9 120° di dapatkan sebesar $4,04 \text{ V}$



Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Debit Aktual

Perhitungan Daya Listrik menggunakan Generator

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- P = Daya listrik (Watt)
- V = Tegangan listrik (Volt)
- I = Arus listrik (Ampere)

Perhitungan daya listrik pada bilah 6 100°

$$P = V \times I$$

$$P = 3,72 \text{ Volt} \times 0,083 \text{ A} \times \cos \varphi$$

$$P = 0,31 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 6 110°

$$P = V \times I$$

$$P = 3,84 \text{ Volt} \times 0,087 \text{ A} \times \cos \varphi$$

$$P = 0,33 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 6 120°

$$P = V \times I$$

$$P = 4,00 \text{ Volt} \times 0,092 \text{ A} \times \cos \varphi$$

$$P = 0,37 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 9 100°

$$P = V \times I$$

$$P = 3,86 \text{ Volt} \times 0,090 \text{ A} \times \cos \varphi$$

$$P = 0,35 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 9 110°

$$P = V \times I$$

$$P = 3,97 \text{ Volt} \times 0,100 \text{ A} \times \cos \varphi$$

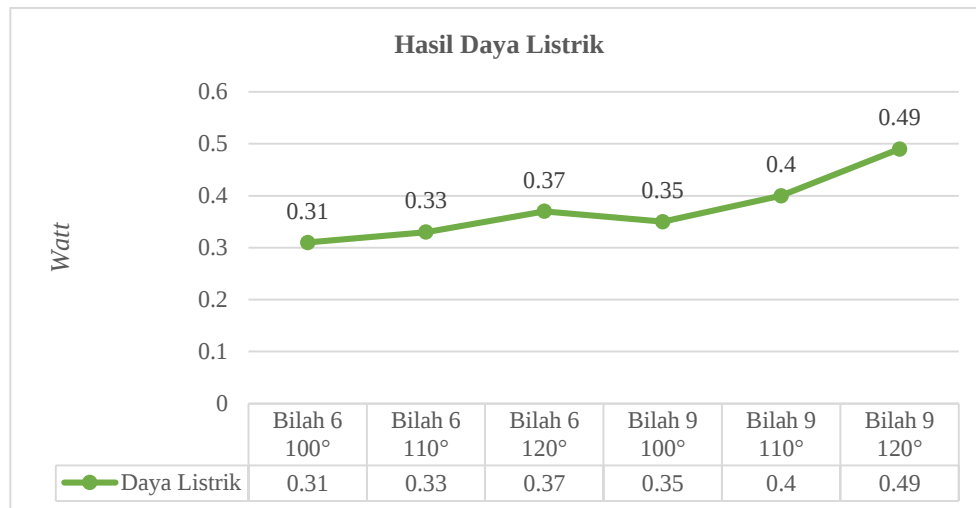
$$P = 0,40 \text{ Watt}$$

Perhitungan daya listrik pada bilah 9 120°

$$P = V \times I$$

$$P = 4,04 \text{ Volt} \times 0,120 \text{ A} \times \cos \varphi$$

$$P = 0,49 \text{ Watt}$$



Gambar 7. Grafik Hasil Perhitungan Daya Aktual

Perhitungan Arus Aktual

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- I = Arus listrik (*Ampere*)
- P = Daya listrik (*Watt*)
- V = Tegangan listrik (*Volt*)

Perhitungan arus bilah 100° bilah 6

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

$$I = \frac{0,31}{3,72} = 0,083 \text{ A} \times 1.000 = 83 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 110° bilah 6

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

$$I = \frac{0,33}{3,84} = 0,087 \text{ A} \times 1.000 = 87 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 120° bilah 6

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

$$I = \frac{0,37}{4,00} = 0,092 \text{ A} \times 1.000 = 92 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 100° bilah 9

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

$$I = \frac{0,35}{3,86} = 0,090 \text{ A} \times 1.000 = 90 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 110° bilah 9

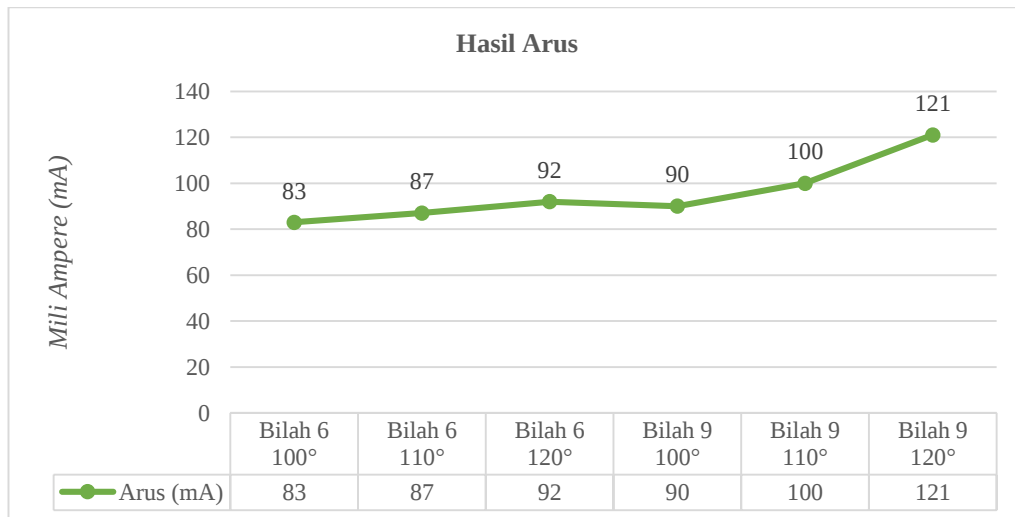
$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{0,40}{3,97} = 0,100 \text{ A} \times 1.000 = 100 \text{ mA}$$

Perhitungan arus bilah 120° bilah 9

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

$$I = \frac{0,49}{4,04} = 0,121 \text{ A} \times 1.000 = 121 \text{ mA}$$

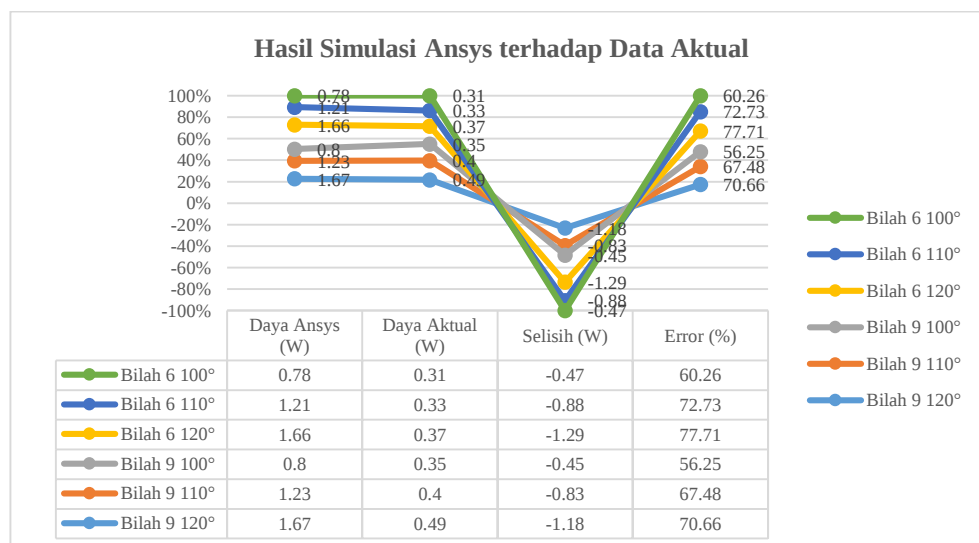


Gambar 8. Grafik Hasil Perhitungan Arus Aktual

F. Perbandingan Simulasi dan Pengujian Aktual

Hasil perbandingan antara simulasi ANSYS dan pengujian aktual menunjukkan adanya perbedaan nilai yang cukup signifikan. Selisih ini disebabkan oleh faktor idealisasi pada simulasi, seperti kondisi aliran yang seragam dan kehilangan energi yang tidak diperhitungkan secara penuh. Konfigurasi dengan sudut 120° dan 9 bilah menunjukkan deviasi terbesar, sedangkan konfigurasi 100° dengan 9 bilah memiliki kesesuaian yang lebih baik antara simulasi dan eksperimen. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kondisi nyata memiliki pengaruh seperti gesekan mekanik, turbulensi aliran, serta ketidaksempurnaan transmisi daya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi sudut bilah berpengaruh terhadap performa kincir air. Sudut 120° memberikan performa terbaik dalam menghasilkan daya baik pada simulasi maupun pengujian aktual. Namun, jumlah bilah juga mempengaruhi karakteristik aliran, di mana 6 bilah cenderung menghasilkan RPM lebih tinggi, sedangkan 9 bilah menghasilkan daya yang lebih stabil.



Gambar 9. Grafik Hasil Perhitungan Simulasi Ansys dan Aktual

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi bentuk dan sudut baling-baling berpengaruh signifikan terhadap kinerja kincir air. Baling-baling dengan sudut yang lebih optimal menghasilkan torsi dan kecepatan putaran (*RPM*) yang lebih tinggi. Perbandingan antara simulasi *ANSYS Fluent* dan pengujian aktual menunjukkan tren yang serupa, meskipun terdapat perbedaan nilai akibat kondisi lapangan dan faktor kehilangan energi yang tidak sepenuhnya terakomodasi dalam simulasi. Selain itu, pembebanan motor DC menyebabkan penurunan *RPM*, namun baling-baling dengan desain yang lebih optimal mampu mempertahankan putaran lebih baik dibandingkan desain lainnya. Namun sudut 120° memberikan performa terbaik dalam menghasilkan daya baik pada simulasi maupun pengujian aktual. Namun, jumlah bilah juga mempengaruhi karakteristik aliran, di mana 6 bilah cenderung menghasilkan *RPM* lebih tinggi, sedangkan 9 bilah menghasilkan daya yang lebih stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan 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. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman seangkatan Teknik Mesin atas kebersamaan, diskusi, serta dukungan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

REFERENSI

- [1] T. Leonard And S. Spence, “*The Effect Of Blade Angle On Two-Stage Water Turbine Against Power And Efficiency The Effect Of Blade Angle On Two-Stage Water Turbine Against Power And Efficiency*,” 2019, Doi: 10.1088/1742-6596/1402/4/044044.
- [2] Y. A. Dewangga Et Al., “Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air,” Pp. 71-76, 2022.
- [3] M. A. Nofiantoro, R. Firdaus, And A. A. Edi, “Pengaruh Wingtip Blade Rotor Naca 0015 Terhadap Daya Pada Vertical Axis Wind Turbine,” Vol. 8, No. 1, Pp. 109-116, 2025.
- [4] O. A. Nugroho, B. Santoso, And R. Hidayat, “Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Dan Bentuk Sudu Terhadap Performa Kincir Air Mikrohidro,” *J. Tek. Mesin Indones.*, Vol. 19, No. 1, Pp. 1-10.
- [5] 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.
- [6] U. L. Amirul Amin¹, Priyagung Hartono², “Pengaruh Variasi Diameter Pulley Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton,” Pp. 1-5, 2019.
- [7] R. D. Sudiro And A. Prasetyo, “Rancang Bangun Dan Pengujian Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil,” *J. Rekayasa Energi*, Vol. 6, No. 1, Pp. 25-33.
- [8] S. T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, S. T. Elektro, F. Teknik, And U. N. Surabaya, “Penerapan Pembangkit Hybrid Sebagai Penggerak Kincir Air Pada Tambak Udang Achmad Fahrur Rozi Ir . Achmad Imam Agung , Mahendra Widyartono , Aditya Chandra Hermawan Abstrak,” Pp. 91-98.
- [9] D. Setiawan, A. Pramono, And E. Kurniawan, “Pengaruh Pembebanan Generator Dc Terhadap Karakteristik Putaran Turbin Air Mikro,” *J. Engine*, Vol. 7, No. 2, Pp. 101-108.
- [10] A. Buku, F. Rahman, And M. Ilham, “Analisis Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Undershot Pada Variasi Bentuk Sudu,” *J. Tek. Mesin*, Vol. 14, No. 2, Pp. 85-92.
- [11] A. Jakfar, “Pengaruh Variasi Geometri Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Skala Kecil,” *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 17, No. 1, Pp. 45-53.
- [12] P. Bengkulu, “Analisis Kinerja Turbin Air Savonius Pada Sistem Mikrohidro Skala Laboratorium,” *J. Iptek Polbeng*, Vol. 10, No. 2, Pp. 66-73.
- [13] I. G. W. Putra, A. I. Weking, And L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja Pltmh Dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” Vol. 17, No. 3, 2018.
- [14] I. Husin And I. Lubis, “Pengujian Unjuk Kerja Turbin Crossflow Skala Laboratorium Dengan Jumlah Sudu 20,” 2015.
- [15] I. W. A. W. I Gusti Ngurah Saputra¹, Lie Jasa², “Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh,” Vol. 7, No. 4, Pp. 161-172, 2020.
- [16] Dedek Lamputra Sihalohe, “Rancang Bangun Alat Uji Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Turbin Aliran Silang,” 2017.
- [17] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, L. Jasa, A. P. Pembangkit, L. Tenaga, And M. Hidro, “Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel,” Vol. 16, No. 02, Pp. 48-54, 2017.

- [18] T. Guswantoro *Et Al.*, “Pelatihan Penggunaan Alat Laboratorium Fisika Di Smp Pusaka Rawaselang,” *J. Pengabd. Masy. Mipa Dan Pendidik. Mipa*, Vol. 3, No. 1, Pp. 22-26, 2019, Doi: 10.21831/Jpmmp.V3i1.22410.
- [19] O. S. Henry And A. Daud, “Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim),” Vol. 1, No. 1, Pp. 3-6, 2020.
- [20] U. D. Ambon, “Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air,” Vol. 2, No. 12, Pp. 76-79, 2018

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.