

PERBANDINGAN GEOMETRI BILAH KINCIR AIR DALAM MEMANFAATKAN AIR SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Ledy Safira, Anisa Pangestuti, Thasyara Safna dan Fuji Hernawati Kusumah

*Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Djuanda No.95, Tangerang Selatan, Banten, 15412, Indonesia
E-mail: thasyara.safna21@mhs.uinjkt.ac.id*

Abstrak

Kincir Air adalah salah satu contoh alat energi terbarukan yang dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Namun, geometri bilah kincir air sederhana masih harus diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar arus dan tegangan listrik, menganalisis daya listrik, dan membandingkan nyala lampu yang dihasilkan dari 3 jenis geometri bilah kincir air. Pengukuran arus dan tegangan listrik dengan metode mengatur selektor multimeter sebesar 20mA dan 20V. Besar daya listrik yang dihasilkan menggunakan rumus $P = V \times I$. Menggunakan 3 jenis geometri bilah kincir air yang berbeda, yaitu kotak, datar dan lengkung. Geometri 1, 2 dan 3 menghasilkan arus listrik rata-rata sebesar 0,0088A; 0,0056A; dan 0,0096. Besar tegangan listrik rata-rata yang dihasilkan sebesar 1,327; 0,337 dan 0,827. Nyala lampu rata-rata yang dihasilkan dari 3 jenis geometri bilar kincir air yaitu mati dan redup. Serta besar daya listrik rata-rata yang dihasilkan dari 3 jenis geometri sebesar 0,0117; 0,0019 dan 0,0079. Berdasarkan hasil penelitian, geometri bilah kincir air yang menghasilkan daya listrik paling besar adalah kotak. Tetapi, geometri kincir air masih harus diteliti lebih lanjut menggunakan alat yang lebih canggih.

Kata kunci: *Geometri; bilah kincir air; perbandingan; pembangkit tenaga listrik*

Abstract

[Comparison of the geometry of the blades of a water wheel in the utilization of water for electricity generation] The Waterwheel is one example of a renewable energy tool that is utilized for electricity generation. However, the geometry of the blades of a simple waterwheel remains to be investigated. This study aims to analyze the amount of electric current and voltage, analyze the electric power, and compare the flames of the lights produced from 3 types of waterwheel blade geometries. Measurement of electric current and voltage by setting the multimeter selector at 20mA and 20V. The amount of electric power generated uses the formula $P = V \times I$. Using 3 different types of waterwheel blade geometries, namely square, flat and curved. Geometry 1, 2 and 3 produce an average electric current of 0.0088A; 0.0056A; and 0.0096. The average electric voltage generated is 1.327; 0.337 and 0.827. The average light is generated from 3 types of water wheel geometry, namely off and dim. As well as the average electric power generated from 3 types of geometry of 0.0117; 0.0019 and 0.0079. Based on the research results, the geometry of the waterwheel blades that produces the most electrical power is square. However, the geometry of the water wheel still needs to be studied further using more sophisticated tools.

Keywords: *Geometry; waterwheel blades; comparison; power plant*

PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang dapat digunakan untuk masa depan. Salah satu contoh energi terbarukan adalah air karena dapat dipakai terus menerus dan tidak akan habis sehingga dipilih menjadi energi masa depan [1]. Terdapat beberapa sumber energi terbarukan yaitu panas bumi, matahari, angin, air, dan lain-lain [2]. Salah satu

contoh energi listrik yang dihasilkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Tenaga air telah digunakan sejak zaman kuno untung menggiling gandum dan melakukan tugas lainnya. Pada pertengahan 1770-an, insinyur Prancis Bernard Forest de Belidor mempublikasikan Architecture Hydraulique yang menjelaskan mesin hidraulis sumbu-vertikal dan horizontal. Di akhir abad

ke-19, generator listrik air pertama digunakan untuk menyalakan sebuah lampu busur di galeri sening. Pembangkit listrik Schoelkopf No.1 dekat Air Terjun Niagara di Amerika Serikat mulai menghasilkan listrik tahun 1881. Pembangkit listrik pertama buatan Edison (Pembangkit Vulcan Street, mulai beroperasi 30 September 1882 di Appleton, Wisconsin, dengan keluaran sebesar 12.5 kilowatt [3].

Dengan perkembangan zaman sekarang ini. Kebutuhan akan energi semakin meningkat, terutama bagi negara atau daerah yang sedang berkembang. Oleh karenanya, pemanfaatan energi secara tepat guna dapat menutupi kebutuhan energi yang terus meningkat. Di Indonesia, suplai energi masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tersedia dalam jumlah terbatas dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik terus bertambah. Oleh karenanya pemanfaatan energi sekarang ini sudah diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam, misalnya pada energi air.

Banyaknya sungai dan danau yang ada di Indonesia adalah sebagai modal awal untuk pengembangan energi air seperti yang dilakukan oleh penelitian [4]. Memanfaatkan energi air adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air adalah transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan atau memutar turbin atau kincir. Untuk mendapatkan energi mekanik aliran air, memerlukan perbedaan tinggi air dengan menggunakan bendungan. Dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya cukup memadai untuk memutar kincir [5].

Energi air adalah satu di antara sekian banyak sumber energi terbarukan yang telah banyak dimanfaatkan untuk menggantikan energi fosil. Air sifatnya terus menerus bergerak. Tiap gerakan air menghasilkan energi alami yang sangat besar. Energi ini datang baik air dari sungai yang mengalir atau gelombang air yang berupa ombak di lautan. Energi yang dihasilkan air dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi listrik. Tidak seperti tenaga matahari dan angin, manfaat energi terbarukan dari air ini dapat menghasilkan tenaga terus menerus selama 24 jam setiap harinya. Saat ini, 20% dari total

energi dunia didapat dari pemanfaatan tenaga air atau yang sering disebut dengan Pembangkit Listrik Air (PLTA) [6].

Kincir air merupakan salah satu alat yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk membangkitkan energi listrik. Untuk menghasilkan nilai tegangan dan arus dengan energi listrik yang maksimal, diperlukan kincir air yang optimal dan efisien. Kinerja kincir air dapat optimal dan efisien apabila bilah yang digunakan memadai atau sesuai, serta desain geometri bilah juga mempengaruhi [7]. Kincir air dapat berputar dengan kecepatan tinggi ketika air mengenai bilahnya dengan kecepatan maksimum, Pada saat potensial energi maksimum, bilah kincir air akan bergerak lebih cepat. Maka salah satu faktor penting dalam efisiensi pembangkitan listrik dari kincir air adalah geometri bilah-bilah kincir [8].

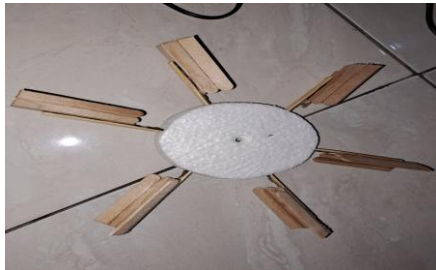
Geometri bilah yang tepat dapat meningkatkan efisiensi kincir air dalam mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik. Perbandingan geometri bilah-bilah kincir air menjadi hal yang penting untuk dikaji guna mencari desain yang optimal. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan geometri bilah kincir air untuk memanfaatkan air sebagai pembangkit tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar arus dan tegangan listrik, menganalisis daya listrik, dan membandingkan nyala lampu yang dihasilkan dari 3 jenis geometri bilah kincir air.

METODE

Pada penelitian ini, alat dan bahan yang kami gunakan yaitu 1 buah *styrofoam*, stik es krim secukupnya, 3 buah sumpit kayu, tusuk sate secukupnya, pipa paralon sepanjang 15 cm, 1 buah toples plastik sebagai penampung air, 6 buah tutup botol sebagai *pulley*, 1 buah nampan sebagai alas dan penampung air di bawah, dinamo 12 volt, 1 buah lampu LED, 1 buah tali sebagai katrol, multimeter sebagai pengukur tegangan dan arus, masing-masing 2 kabel penghubung dan capit buaya sebagai mengalirkan arus listrik dari alat miniatur ke multimeter dan LED, dan dua buah *bearings* sebagai kedudukan penyangga bilah dan membatasi gerak relatif.

Bahan yang kami buat terbuat dari bahan dasar kayu, yang dimana pada kayu ini cukup mudah untuk dibentuk. Panjang pada masing-masing bilah rotor yaitu ± 7 cm kemudian

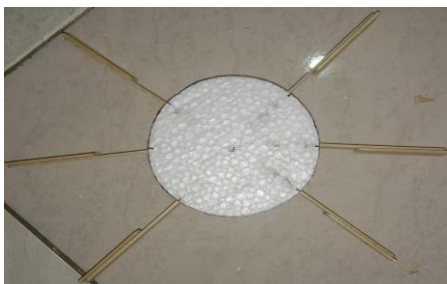
lebar masing-masing geometri berbeda (ada 3 macam geometri) yang ditunjukkan pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3. Diameter pada pemutar bilah 5 cm. Pemutar bilah dan penyangga terbuat dari *styrofoam* agar alat dapat tahan air dan mudah dibentuk dengan keterbatasan alat yang dimiliki.



Gambar 1. Kincir Air Geometri Lengkung



Gambar 2. Kincir Air Geometri Kotak



Gambar 3. Kincir Air Geometri Datar

Pada penyangga bilah terdapat kedudukan untuk *Bearings* yang dimana digunakan sebagai membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. Kemudian kami menggunakan dinamo sebagai pengganti dari generator. Kita menggunakan tiga buah geometri yang dimana masing-masing geometri memiliki 6 buah bilah. Nampan digunakan sebagai suatu wadah yang digunakan sebagai penampung air. Dinamo diletakkan di luar jangkauan penampung air karena potensi kerusakan pada dinamo akan lebih besar jika terkena air. Terdapat dua lubang pada toples penampung air guna jalur

untuk selang yang akan mengantarkan air dari wadah nampan ke atas bilah, hal ini dilakukan karena air yang berasal dari atas bilah akan menggerakkan kincir air agar dapat menghasilkan energi listrik.



Gambar 4. Rangkaian Alat Kincir Air

Gambar di atas merupakan rangkaian alat yang telah jadi dibuat. Terdapat beberapa kabel untuk menghubungkan antara dinamo dengan lampu dan multimeter. Lampu sebagai tanda adanya aliran listrik dan multimeter sebagai pengukur arus dan tegangan yang dihasilkan pada saat alat bekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pada perbandingan ketiga geometri bilah dilakukan dengan mencari Arus, tegangan, daya dan keadaan lampu agar dapat terdeteksi geometri bilah mana yang terbaik untuk digunakan. Selisih nilai pada masing-masing tegangan dan arus listrik yang diperoleh dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data Perbandingan Tegangan, Arus Listrik, dan Keadaan Lampu Yang Diperoleh dari Geometri Kotak

No	Bentuk Geometri	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Keadaan Lampu
1.	Kotak	0,96	0,00727	mati
		1,05	0,00845	mati
		1,97	0,01054	mati
	Rata-rata	1,327	0,0088	mati

Tabel 2. Data Perbandingan Tegangan, Arus Listrik, dan Keadaan Lampu Yang Diperoleh dari Geometri Datar

No	Bentuk Geometri	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Keadaan Lampu
----	-----------------	-----------------	----------	---------------

2.	Datar	0,24	0,00201	mati
		0,33	0,00439	mati
		0,44	0,01035	redup
Rata-rata		0,337	0,0056	mati dan redup

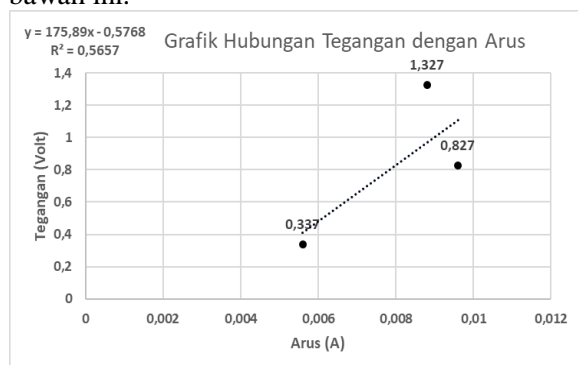
Tabel 3. Data Perbandingan Tegangan, Arus Listrik, dan Keadaan Lampu Yang Diperoleh dari Geometri Lengkung

No	Bentuk Geometri	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Keadaan Lampu
3.	Lengkung	0,75	0,00871	mati
		0,80	0,01089	redup
		0,93	0,00911	mati
Rata-rata		0,827	0,0096	mati dan redup

Tabel 4. Data Perbandingan Daya Listrik Yang Diperoleh dari Masing-Masing Geometri

No	Bentuk Geometri	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Daya (Watt)
1.	Kotak	1,327	0,0088	0,0117
2.	Datar	0,337	0,0056	0,0019
3.	Lengkung	0,827	0,0096	0,0079

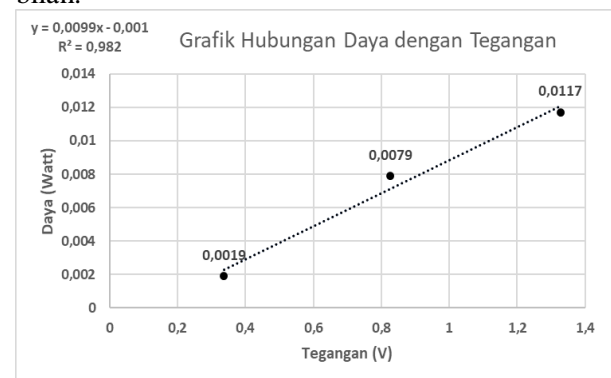
Dari hasil tabel di atas, dihasilkan grafik hubungan tegangan dengan arus dan grafik hubungan daya dengan tegangan seperti di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Hubungan Tegangan dengan Arus

Berdasarkan gambar 5 hubungan arus dengan tegangan hasilnya tidak sesuai. Karena hubungan arus dengan tegangan seharusnya berbanding lurus. Contohnya saat tegangan sebesar 1,327 pada geometri kotak, seharusnya arus yang dihasilkan nilainya juga besar. Hal ini terjadi karena alat yang digunakan masih menggunakan alat yang sederhana sehingga terjadi kesalahan data. Selain itu, alat yang dibuat terlalu sederhana. Dengan adanya kesederhanaan alat tersebut, maka sulit untuk menentukan efisiensi sistemnya.

Dimana yang telah disebutkan pada [9] terdapat efisiensi jari-jari bilah dan efisiensi sistem bilah sebelum menentukan perancangan bilah sebagai parameter awal, alasannya karena kurangnya alat dan bahan yang tersedia. Bilah yang kami buat hanya menyesuaikan panjang, jenis bahan, lebar dari masing-masing bilah yang dibuat. Maka dapat dinyatakan bahwa keterbatasan alat yang sederhana dan kurangnya alat dan bahan yang tersedia mempengaruhi keakuratan data dan pengukuran, serta membatasi analisis terperinci mengenai efisiensi sistem dan desain bilah.



Gambar 6. Grafik Hubungan Daya dengan Tegangan

Berdasarkan gambar 6 dapat dibuktikan bahwa, hubungan daya dengan tegangan berbanding lurus bisa dilihat dari gambar 6 semakin besar tegangan yang dihasilkan maka daya akan semakin besar juga nilainya yang membentuk garis linier. Dan jika melihat rumus daya, yaitu $P = V \times I$. Maka dapat terbukti bahwa hubungan daya dengan tegangan adalah berbanding lurus.

Penelitian ini salah satu penerapan dari energi terbarukan, kami melakukan perbandingan karena bilah merupakan salah satu bagian komponen yang berinteraksi langsung dengan fluida [10] bahwa air

memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya seperti matahari dan angin. Dari ketiga bentuk geometri bilah yaitu bilah kotak, datar, dan lengkung. Sistem hanya dapat melakukan putaran dengan terbatas, yang dimana putaran tidak bekerja secara maksimal. Hal ini mungkin disebabkan karena bahan-bahan yang kurang kokoh dengan keterbatasan alat, kemudian energi yang dihasilkan dapat diketahui berdasarkan generator yang bekerja disebabkan putaran pada kincir air dengan penyambungan berupa katrol. Generator menghasilkan listrik disebabkan putaran, jika putaran bekerja secara maksimal maka energi listrik yang dihasilkan bernilai besar. Kemudian, dari hasil data yang diperoleh lebih banyak yang memiliki arus dan tegangan tetapi lampu keadaan mati. Lampu terjadi keadaan menyala atau redup pada saat pengulangan ketiga di geometri datar dan lengkung, hal ini terjadi ketika putaran kencang dan katrol bekerja secara konstan. Karena tali pada katrol yang bekerja tidak maksimal, yang disebabkan karena kondisi alat yang kurang kokoh kemudian kincir air yang terlalu berat. Dapat dilihat pada Gambar 4, Dimana besar kincir air dengan kedudukannya tidak terlalu sinkron yang bisa menyebabkan ketika kincir bergerak maka katrol dapat bergoyang.

Pada penelitian ini, untuk membuktikan daya listrik paling besar yang dihasilkan dari jenis geometri kincir air yang berbeda dengan membuat alat miniatur kincir air. Miniatur kincir air digunakan sebagai gambaran dari pembangkit listrik tenaga air. Pada pembangkit listrik tenaga air untuk menggerakkan generator menggunakan turbin, sedangkan miniatur ini yang digunakan untuk memutar generator menggunakan kincir air. Pada pembangkit listrik tenaga air untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik menggunakan generator, sedangkan miniatur ini yang digunakan untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik menggunakan dinamo. Pada penelitian ini, untuk mengukur daya listrik yang dihasilkan dari kincir air dengan mengukur arus listrik dan tegangan yang dihasilkan dari lampu dengan menggunakan alat multimeter digital. Untuk mengukur arus mengatur selektor multimeter digital sebesar 20mA dan untuk mengukur tegangan mengatur selektor multimeter digital sebesar 20 V. Untuk mengukur daya listrik menggunakan

rumus $P = V \times I$. Serta membuat grafik hubungan tegangan listrik dengan arus listrik.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, geometri yang menghasilkan daya yang paling besar adalah menggunakan geometri yang berbentuk kotak karena menghasilkan daya sebesar 0,0117 Watt. Setiap jenis geometri dilakukan 3 kali pengulangan untuk mengukur arus listrik, tegangan listrik, dan nyala lampu. Jika diurutkan dari daya yang paling besar hingga kecil berdasarkan bentuk geometri kincir air adalah geometri yang berbentuk kotak, melengkung, dan datar. Dari hasil daya yang didapatkan kita dapat mengetahui semakin besar kotak maka arus listrik dan tegangan listrik yang dihasilkan akan semakin besar juga sehingga daya yang didapatkan pasti akan besar juga. Geometri kincir air yang berbentuk melengkung dan datar tidak menghasilkan daya yang besar karena hanya dapat menampung air dengan jumlah kecil dibandingkan dengan yang berbentuk kotak dan karena hal tersebut dapat mempengaruhi pergerakan dari kincir air. Disebutkan pada penelitian [11] bahwa perbedaan dari bentuk bilah yang berbeda mempengaruhi kinerja dari suatu kincir yang dari energi kinetik menjadi energi listrik. Pada daya yang dihasilkan pada ketiga jenis geometri dipengaruhi dari arus listrik dan tegangan listrik yang diperoleh pada masing-masing ketiga geometri. Selain menggunakan perhitungan daya listrik, maka dengan membuat grafik hubungan tegangan listrik dengan arus listrik dapat mengetahui jenis geometri yang menghasilkan daya besar. Dan antara hasil perhitungan daya dan grafik menghasilkan hasil yang sama karena jenis geometri yang menghasilkan daya besar yang berbentuk kotak.

Dari hasil yang diperoleh terdapat perbandingan dari ketiga kincir air dengan geometri yang berbeda-beda. Dimana faktor yang dapat mempengaruhi hal tersebut seperti pada geometri bilah pada masing-masing kincir air, dimana pada daerah penampang pada masing-masing bilah kincir air memungkinkan aliran air yang mengalir lebih banyak sehingga dapat menggerakkan bilah kincir lebih cepat berputar, kemudian kecepatan dari suatu bilah yang bergerak disebabkan oleh air tidak dapat menentukan hasil energi potensinya [12]. Kemudian faktor lain yaitu jumlah bilah yang digunakan

mempengaruhi dalam menghasilkan energi listrik yang lebih besar apabila menggunakan jumlah bilah yang banyak, dimana pada penelitian ini masing-masing kincir air menggunakan enam buah bilah dengan geometri yang berbeda-beda tetapi dengan ukuran bilah yang sama pada masing-masing kincir air. Dan salah satu faktor penting dalam penelitian ini yaitu pada aliran air yang akan mengalir pada kincir air, dimana apabila aliran air yang diberikan besar maka putaran bekerja secara maksimal dan menghasilkan energi listrik bernilai besar dan begitupun sebaliknya, apabila aliran air yang diberikan kecil maka putaran bekerja tidak maksimal dan akan menghasilkan energi listrik yang kurang besar maka akan mempengaruhi hasil energi listrik yang diperoleh, dimana pada bilah ini putaran pada katrol kurang konstan sehingga nyala lampu yang dihasilkan keadaan mati atau tidak ada yang menyala. Alat yang kami buat masih

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembuatan kincir air sederhana dengan memvariasikan geometri bilah kincir air. Geometri bilah kincir air yang digunakan berbentuk kotak, datar dan lengkung. Diperoleh data berdasarkan perbandingan geometri bilah kincir air menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 1,327V; 0,337V; dan 0,827V. Untuk arus listrik rata-rata berdasarkan perbandingan geometri bilah kincir air sebesar 0,0088A; 0,0056A; dan 0,0096A. Serta berdasarkan daya listrik rata-rata menghasilkan daya listrik sebesar 0,0117W; 0,0019W; dan 0,0079W. Pada bilah kincir air geometri kotak yang menghasilkan arus listrik serta tegangan listrik yang paling besar dibandingkan pada bilah kincir air geometri datar dan geometri melengkung.

Pengaruh yang signifikan pada bilah kincir air geometri kotak menghasilkan arus dan tegangan yang paling besar disebabkan pada daerah penampang yang terdapat di bilah kincir air memungkinkan aliran air yang mengalir lebih banyak sehingga dapat menggerakkan bilah kincir air geometri kotak lebih cepat berputar.

Maka dapat dinyatakan bahwa jenis geometri yang berbeda-beda dapat mempengaruhi hasil arus dan tegangan yang akan menghasilkan energi listrik. Dimana keadaan lampu redup yaitu pada kincir air

banyak keterbatasannya karena dibuat dari bahan-bahan yang sederhana. Sehingga terdapat kekurangan contohnya pada perputaran kincir air yang kurang konstan. Dan pada pembuatan alat ini, penulis menyarankan agar menggunakan dinamo yang jenisnya generator agar lampu dapat menyala karena jika dinamo yang digunakan bukan jenis yang generator lampu tidak dapat menyala.

Maka dapat disimpulkan dari penelitian terhadap alat yang digunakan yaitu, jika dilihat dari efektifnya penggunaan geometri bilah berdasarkan dari nyala lampu juga. Dimana nyala lampu disebabkan putaran yang konstan pada katrol dan bilah, kemudian lampu dalam keadaan nyala pada geometri datar dan lengkung. Dari kedua Geometri dengan keadaan nyala lampu, daya paling besar pada geometri bilah lengkung. Kemudian pada daya yang paling besar yaitu geometri bilah kotak.

geometri datar dan geometri melengkung. Dimana hal tersebut dapat terjadi sebab beberapa faktor seperti kurang besar dalam aliran air yang diberikan, dimana hal tersebut karena beberapa keterbatasan alat yang dimiliki pada penelitian ini sehingga apabila aliran air terlalu besar memungkinkan beberapa alat dapat terlepas ataupun terjadi kerusakan. Maka aliran air merupakan salah satu faktor penting dalam menghasilkan energi listrik yaitu ketika aliran air yang diberikan besar maka putaran bekerja secara maksimal dan menghasilkan energi listrik bernilai besar dan begitupun sebaliknya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Ibu Fuji Hernawati Kusumah M.Si karena sudah mengoreksi penelitian ini. Terima kasih juga, untuk teman-teman yang sudah saling bekerja sama dalam melakukan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Hakim ML, Yuniarti N, Sukir, Damarwan ES. 2020. Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada. *J. Edukasi Elektro*. 4(1): 75.
- 2 Augustone N, Pamungkas P. 2020. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong Sebagai Sumber

- Energi Terbarukan Melalui PLTMH. *J. Civ. Eng. Plan.* **1**(1): 1.
- 3 Hasibuan A, Siregar W V, Sayuti. M. Pemanfaatan Energi Angin Untuk Pembangkit Energi LISTRIK di Daerah Kepulauan Menggunakan Kincir Angin Skala Kecil. CV Feniks Muda Sejahtera, Sulawesi Tengah. 2023.
- 4 Agust TR, Setiawan A, Man N', Maliky A, Aminudin A. 2020. Simulasi Pengaruh Bentuk Dan Jumlah Sudu Kincir Air Undershot Terhadap Kecepatan Sudut Melalui Metode Computation Fluid Dynamics (CFD) Menggunakan Software ANSYS Fluent. *Pros. Semin. Nas. Fis.* **0**: 262.
- 5 Purwantono, Lapisia R, Kurniawan A. Turbin Air Pengantar Dan Aplikasinya di Lapangan. UNP PRESS. 2020.
- 6 Silitonga AS, Ibrahim H. Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan. Deepublish, Yogyakarta. .
- 7 Iswanda D, Soenoko R, Winarto W, Sunarso A. 2021. Pengaruh Besar Sudut Butterfly Guide terhadap Unjuk Kerja Kincir Air. *J. Rekayasa Mesin.* **12**(3): 653.
- 8 Boedi SD, Mekel AN, Maidangkay A. 2022. Rancang Bangun Turbin Kinetik Sudu Berengsel Luar Sebagai Pembangkit Listrik Skala Pikohidro. *Otopro.* **17**(2): 69.
- 9 Bramandhika, Augustiantyo, Setiawan R. 2021. Optimasi Desain Bilah Dengan Metode Linearisasi Chord Dan Twist Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal. *J. Media Mesin.* **22**(2): .
- 10 Hidayatullah F, Santoso DT. 2021. Analisis 4 Airfoil Bilah Taperless Terhadap Performa Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Software Q-Blade. *Barometer.* **7**(1): 422.
- 11 Mirino RR, Partadinova IGDA, Subgan AA. 2022. Kajian Teoritis Rancangan Bilah Kincir Angin Theoretical Analysis Of Modified Horizontal Wind Blades OF. *J. Nat.* **18**(2): 159.
- 12 Alfaridzi MA. 2020. Analisis Performa Bilah Taperless Dengan Airfoil NACA 4412 pada Horizontal Axis Wind Turbine TSD 500 di PT Lentera Bumi Nusantara. *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran.* **3**(2): 64.