

## Analysis of Baling Pemandu Openings on The Performance of Micro Hydro Scale Crossflow Turbine in Nagari Koto Hilalang Solok District

Muhammad Habib Halmadid\*, Remon Lapisa, Purwantono, and Andre Kurniawan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

\*Corresponding author: [halmadid1@gmail.com](mailto:halmadid1@gmail.com)

Received October 10<sup>st</sup> 2024; Revised October 25<sup>th</sup> 2024; Accepted November 10<sup>th</sup> 2024

### Abstract

Electrical energy is very important in everyday life and is used for various activities. Indonesia has a high consumption of electrical energy, but many areas have not been reached by the electricity grid. To overcome this, it is necessary to develop renewable energy as a substitute for fossil fuels. One of the renewable energy sources used is hydropower, which is economical even on a small scale, known as micro hydro. Water resources for micro hydro power plants are taken from the river flow in Nagari Koto Hilalang. This research aims to evaluate the impact of guide vane opening angle variations on cross-flow turbine performance, to determine the optimal turbine rotation, power, and efficiency. Based on this explanation, the author gives the title “Analysis of Guide Vane Opening Angle Variations on Micro Hydro Scale Cross-flow Turbine Performance”. This research is an experiment that includes preparation, planning, turbine manufacturing, and turbine testing. The test results show that the power and efficiency of the turbine varies based on the guide vane opening. The smaller the guide vane opening, the greater the electric power generated. The optimum power value is reached at 25° opening, which is 760.36 Watt with an efficiency of 77.50%. Conversely, the minimum power is generated at 75° opening, which is 33.04 Watt with an efficiency of 3.37%. From the calculation results, it can be concluded that the variation of the guide vane opening affects the power and efficiency of the turbine. The smaller the guide vane opening, the greater the power and efficiency produced. The optimum efficiency value is obtained at 25° opening, which is 77.50%.

**Keywords:** Electrical energy, renewable energy, turbine cross flow, guide vane.

## Analisis Bukaannya terhadap Kinerja Turbin Crossflow Skala Mikro Hidro di Nagari Koto Hilalang Kabupaten Solok

### Abstrak

Energi listrik sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan digunakan untuk berbagai aktivitas. Indonesia memiliki konsumsi energi listrik yang tinggi, namun banyak wilayah belum terjangkau oleh jaringan listrik. Untuk mengatasi ini, perlu dikembangkan energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Salah satu sumber energi terbarukan yang digunakan adalah tenaga air, yang ekonomis meskipun dalam skala kecil, dikenal sebagai mikrohidro. Sumber daya air untuk pembangkit listrik mikrohidro diambil dari aliran sungai di Nagari Koto Hilalang. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi dampak variasi sudut bukaannya guide vane pada performa turbin cross-flow, untuk menentukan putaran, daya, dan efisiensi turbin yang optimal. Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis memberikan judul “Analisis Variasi Sudut Bukaannya Guide Vane terhadap Kinerja Turbin Cross-flow Skala Mikro Hidro”. Penelitian ini berupa eksperimen yang meliputi tahap persiapan, perencanaan, pembuatan turbin, hingga pengujian turbin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya dan efisiensi turbin bervariasi berdasarkan bukaannya guide vane. Semakin kecil bukaannya guide vane, semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Nilai daya optimum tercapai pada bukaan  $25^\circ$ , yaitu 760,36 Watt dengan efisiensi 77,50%. Sebaliknya, daya minimum dihasilkan pada bukaan  $75^\circ$ , yaitu 33,04 Watt dengan efisiensi 3,37%. Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa variasi bukaan guide vane mempengaruhi daya dan efisiensi turbin. Semakin kecil bukaan guide vane, semakin besar daya dan efisiensi yang dihasilkan. Nilai efisiensi optimum diperoleh pada bukaan  $25^\circ$ , yaitu 77,50%.

**Kata kunci:** Energi listrik, energi terbarukan, turbin cross flow, guide vane

### I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari (Ridwan et al., 2021). Kebutuhan akan energi ini sangat krusial untuk mendukung berbagai aktivitas yang mengandalkan listrik sebagai sumber utama (Asmiati et al., 2023). Hampir semua kegiatan manusia, baik untuk keperluan pribadi maupun umum, memanfaatkan energi listrik (Rauf, 2024). Indonesia termasuk salah satu negara dengan konsumsi energi listrik yang tergolong tinggi (Ekananta et al., 2018). Namun, masih banyak wilayah di Indonesia yang belum terjangkau oleh jaringan listrik, sehingga menimbulkan berbagai masalah. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan pengembangan energi terbarukan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber utama energi Listrik (Sinaga et al., 2021).

Salah satu sumber energi terbarukan yang kini digunakan untuk pembangkit listrik adalah tenaga air. Aliran air ini diubah menjadi listrik yang dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari (Ardana & Heru Supriyono, 2024). Tenaga air sangat cocok diterapkan di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau listrik, karena daerah-daerah ini sering kali memiliki aliran sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi Listrik (Supardi et al., 2016).

Pembangkit listrik tenaga air sangat ekonomis dalam pembuatannya, meskipun masih dalam skala kecil. Artinya, pembangkit listrik ini hanya mampu memenuhi kebutuhan energi listrik untuk beberapa rumah saja. Jenis pembangkit listrik tenaga air ini dikenal sebagai *mikro hidro* (Purba et al., 2018). Sumber daya air yang digunakan untuk pembangkit listrik *mikro hidro* adalah aliran sungai di Nagari Koto Hilalang (Anisa et al., 2023). Daerah ini memiliki aliran sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik untuk membantu masyarakat setempat (Rohermanto, 2013). Oleh karena itu,

penulis berinisiatif memasang turbin tipe *Cross-flow* di daerah ini untuk mendukung kebutuhan listrik Masyarakat.

Turbin *Cross-flow* terdiri dari dua komponen utama: rotor dan stator (Air, 2018). Rotor adalah bagian yang berputar dalam sistem, termasuk sudu, poros, dan bantalan. Stator adalah bagian diam dalam sistem, yang terdiri dari nozzle dan rumah turbin (Afandi, 2018). Rumah turbin dilengkapi dengan nozzle untuk mengarahkan aliran air masuk sehingga memutar turbin. Di dalam nozzle terdapat baling pemandu (katup) yang berfungsi mengatur debit air yang masuk untuk memutar runner turbin (Rahmawan, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi bukaan sudut baling pemandu terhadap putaran runner guna menilai kinerja turbin. Faktor lain yang mempengaruhi putaran runner adalah debit air dan head (ketinggian jatuh air), yang berkontribusi terhadap daya dan efisiensi turbin (Rasyid, 2021).

Variasi bukaan sudut baling pemandu memiliki dampak signifikan terhadap kinerja turbin *cross-flow* (Permadi & Siregar, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Mafruddin & Marsuki, 2017), diketahui bahwa perubahan sudut bukaan baling pemandu mempengaruhi performa turbin *cross-flow*. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan untuk merancang dan membuat turbin yang sesuai dengan sumber daya air yang ada, dengan memvariasikan bukaan sudut baling pemandu pada pembangkit listrik tenaga *mikro hidro* (Wiranata et al., 2020).

Penelitian mengenai turbin tipe *Cross-flow* dengan jenis *mikro hidro* ini sudah banyak dilakukan, untuk melihat kinerja yang dihasilkan turbin tipe *cross-flow* yang dihasilkan salah satunya dengan memvariasikan bukaan sudut baling pemandu yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh sudut bukaan pada baling pemandu terhadap kinerja turbin *cross-flow*, sehingga dapat menentukan nilai putaran, daya, dan efisiensi turbin yang optimal.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk mencari pengaruh tertentu pada spesimen yang diuji dalam kondisi terkendali. Penelitian ini mencakup beberapa tahap, mulai dari persiapan, perencanaan, pembuatan turbin, hingga pengujian turbin. Tujuan utamanya adalah untuk melihat pengaruh variasi bukaan sudut baling pemandu terhadap kinerja turbin tipe *Cross-flow*.

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

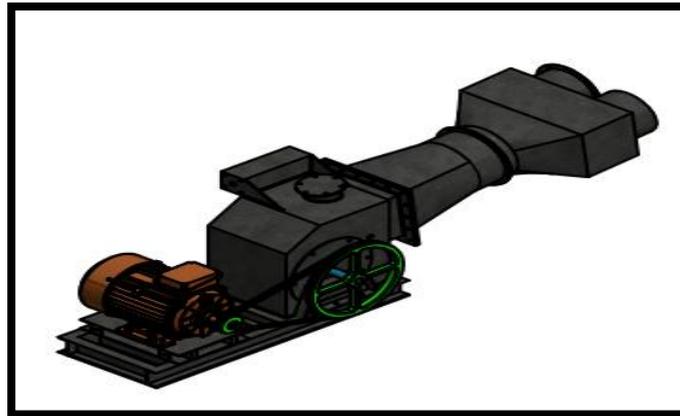
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga Maret. Proses pembuatan dan pengujian turbin *Cross-flow* dilakukan di Workshop Fabrikasi dan Permesinan, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

### C. Variabel Penelitian

Pada variabel penelitian ada tiga yaitu: variabel bebas yaitu menggunakan variasi bukaan sudut baling pemandu sebesar  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$  dan  $75^\circ$ . Variabel terikat pada penelitian ini yaitu putaran *runner*, Torsi, Daya dan efisiensi turbin tipe *Cross-flow*. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu debit air yang masuk maksimal  $0.21 \text{ m}^3/\text{s}$  dan head yang digunakan 5 meter.

### D. Perancangan Turbin *Cross flow*

Turbin *Cross-flow* adalah jenis turbin impuls yang terdiri dari runner yang diputar oleh pancaran air dari *nozzle* (Pertiwi, 2017). Pada tahap perancangan, langkah pertama adalah memilih ukuran turbin. Turbin ini dirancang berdasarkan debit air sebesar  $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan tinggi jatuh air (*head*) 5 meter. Selanjutnya, desain gambar turbin dibuat menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor Professional 2017*. Setelah desain selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan alat.



Gambar 1. Desain Alat Turbin *Cross flow*

Langkah berikutnya adalah membuat runner yang terdiri dari sudu, dinding runner, dan poros. Poros dan dinding runner dihubungkan dengan sambungan pengelasan SMAW. Dinding runner dibuat dengan alur untuk memasukkan sudu, yang kemudian disambung dengan pengelasan SMAW di setiap sisinya. Selanjutnya, dibuat rumah turbin dan rangka turbin. Rumah turbin dilengkapi dengan nozzle yang berfungsi sebagai tempat masuknya aliran air untuk memutar turbin secara optimal. Di dalam nozzle, terdapat baling pemandu (katup) yang berfungsi mengatur debit air yang masuk untuk memutar runner turbin. Dalam pembuatan turbin ini, penulis menggunakan variasi bukaan sudut baling pemandu untuk menilai kinerja yang dihasilkan oleh turbin tipe *Cross-flow*.

## E. Pembuatan Turbin *Cross-flow*

### 1. Pembuatan Sudu Runner

Sudu dibuat dari pipa besi dengan ketebalan 2 mm dan diameter pipa 1 inci. Sudu yang digunakan pada penelitian ini yaitu 20 buah.

### 2. Pembuatan Dinding Runner

Dinding *runner* berbentuk seperti *Disk* terbuat dari bahan plat besi yang memiliki tebal 8mm. Keunggulan dari plat besi ini lebih berat dan lebih kuat agar *runner* dapat menerima pancaran air putaran biasanya lebih stabil dan di beri alur untuk memasukan sudu menggunakan gerinda tangan sebanyak 20 alur.

### 3. Pembuatan Rumah Nozzle

Rumah nozel yaitu tempat terjadi pada perubahan tekanan air menjadi kecepatan. Pada perancangan ini rumah *nozzel* digambar menggunakan *software Autodesk Inventor Professional 2017*.

### 4. Pembuatan Poros Runner

Poros merupakan komponen utama pada *runner* yang berfungsi menahan bagian-bagian *runner* yang ditempatkan pada bearing. Aliran air yang melewati sudu-sudu memberikan gaya dorong pada sudu, sehingga menyebabkan *runner* berputar.

### 5. Pembuatan Guide Vane

Baling pemandu pada turbin *Cross-flow* berfungsi untuk mengarahkan dan mengatur kapasitas air yang masuk ke dalam *runner* turbin. Baling pemandu ini memiliki lebar 90 mm dan panjang 125 mm, terbuat dari plat besi dengan ketebalan 2 mm.

### 6. Pembuatan Bodi Turbin

Bodi turbin berfungsi membelokkan percikan air agar keluar dengan teratur dan sebagai tempat *runner* dan rumah *nozzel* berada. Bahan yang di pakai untuk pembuatan bodi turbin ini adalah plat besi 2 mm.

## 7. Pembuatan Kerangka Turbin

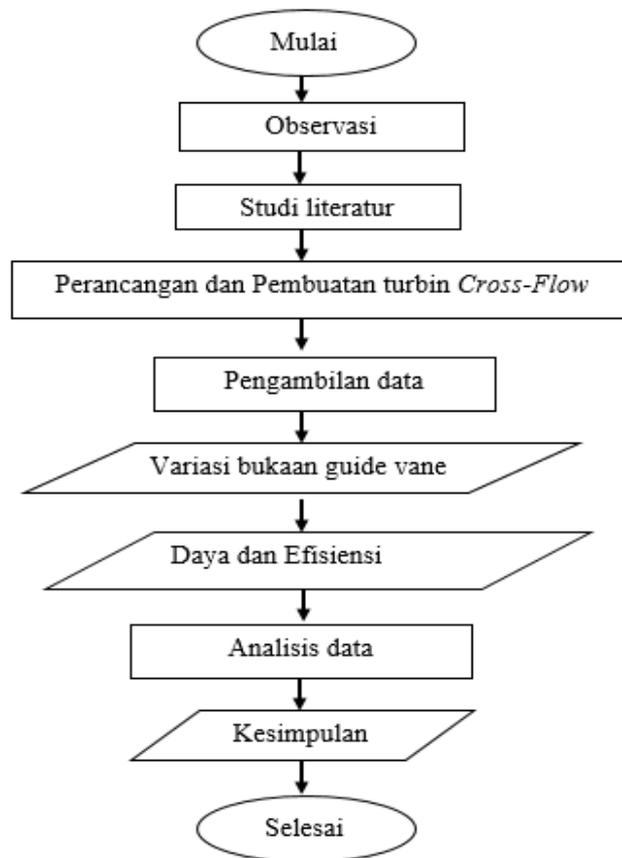
Kerangka turbin dibuat untuk menempatkan turbin dan generator menggunakan bahan besi U80.

## F. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini melibatkan dokumentasi dan observasi eksperimen langsung (Jailani, 2023). Data dikumpulkan secara sistematis dengan mengamati dan melakukan eksperimen pada variabel tertentu. Fokus pengumpulan data adalah untuk melihat pengaruh variasi bukaan pada sudut baling pemandu terhadap kinerja turbin tipe *Cross-flow*. Data dicatat menggunakan lembar tabel eksperimen untuk memudahkan analisis hasil pengujian.

## G. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah gambar diagram alir penelitian yang menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yaitu:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## III. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengatur variasi bukaan baling pemandu pada sudut  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $75^\circ$  sebagai variabel bebas. Variabel yang dikontrol adalah debit air yang masuk, yang diatur pada  $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan head yang digunakan sebesar 5 meter. Variabel terikat yang diukur adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan dari variasi bukaan baling pemandu turbin. Data pengukuran berupa tegangan dan arus yang dihasilkan, yang kemudian digunakan untuk menghitung daya dan efisiensi turbin seperti yang terlihat pada tabel berikut:

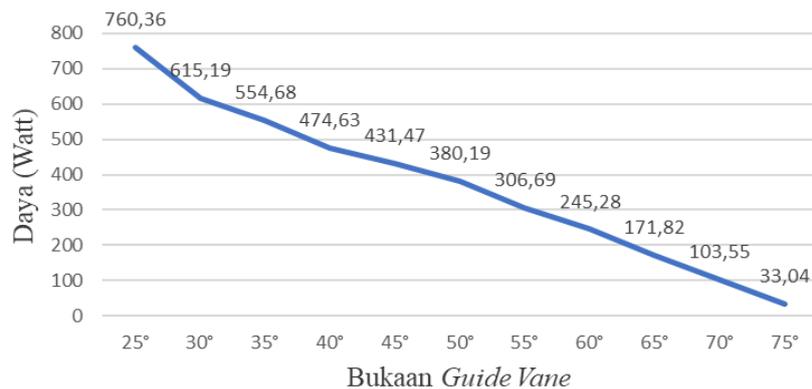
Tabel 1. Instrumen pengumpulan data

Bukaan Sudut	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	(V)	(A)	Daya (Watt)	Efisiensi turbin (%)
25°	0,21	141,6	5,37	760,36	77,5
30°	0,21	132,3	4,65	615,19	62,78
35°	0,21	128,4	4,32	554,68	56,6
40°	0,21	121,7	3,9	474,63	48,43
50°	0,21	116,3	3,71	431,47	44,03
55°	0,21	110,2	3,45	380,19	38,8
45°	0,21	98,3	3,12	306,69	31,3
60°	0,21	87,6	2,8	245,28	25,05
65°	0,21	78,1	2,2	171,82	17,53
70°	0,21	60,2	1,72	103,55	10,57
75°	0,21	41,3	0,8	33,04	3,37

Pada Tabel terdapat nilai rata-rata daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin. Hasil perhitungan daya untuk setiap variasi bukaan baling pemandu adalah sebagai berikut: 760,36 Watt; 615,19 Watt; 554,68 Watt; 474,63 Watt; 431,47 Watt; 380,19 Watt; 306,69 Watt; 245,28 Watt; 171,82 Watt; 103,55 Watt; dan 33,04 Watt. Efisiensi turbin yang dihasilkan adalah 77,50%; 62,78%; 56,60%; 48,43%; 44,03%; 38,80%; 25,05%; 17,53%; 10,57%; dan 3,37%. Data ini digunakan untuk menganalisis hubungan antara variasi bukaan baling pemandu dan daya yang dihasilkan oleh turbin.

Untuk melihat hubungan antara perubahan bukaan baling pemandu dan daya turbin yang dihasilkan ditunjukkan pada grafik berikut:

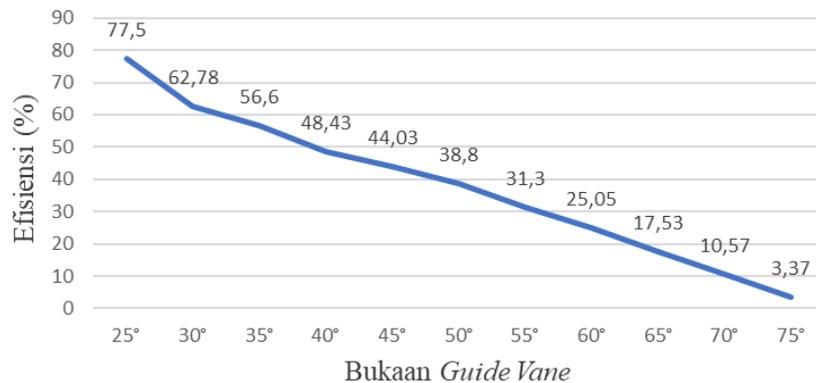
### 1. Grafik Hubungan pada Bukaan Baling Pemandu terhadap Daya Turbin *Cross Flow*



Gambar 2. Grafik Hubungan pada bukaan Baling pemandu Terhadap Daya Turbin

Pada gambar grafik menunjukkan hubungan antara perubahan bukaan baling pemandu dan daya listrik yang dihasilkan. Grafik ini menunjukkan hubungan linear atau sebanding, di mana semakin kecil sudut pada bukaan *guide vane*, semakin besar kecepatan air menuju turbin, sehingga putaran turbin semakin tinggi. Pengaruh bukaan baling pemandu terhadap daya turbin adalah berbanding terbalik; semakin besar bukaan pada *guide vane*, semakin kecil daya yang dihasilkan. Selain itu, bukaan baling pemandu juga mempengaruhi efisiensi turbin yang dihasilkan.

## 2. Grafik Hubungan pada Bukaannya Baling Pemandu terhadap Efisiensi Turbin *Cross Flow*



Gambar 3. Grafik Hubungan pada bukaan Baling pemandu Terhadap Efisiensi Turbin

Pada grafik menunjukkan hubungan antara bukaan baling pemandu dan efisiensi turbin yang dihasilkan. Seperti halnya daya, efisiensi turbin juga meningkat ketika sudut bukaan baling pemandu lebih kecil. Grafik ini menunjukkan penurunan efisiensi seiring dengan peningkatan bukaan guide vane, yang menegaskan bahwa bukaan baling pemandu mempengaruhi efisiensi turbin yang dihasilkan.

## IV. PEMBAHASAN

Pada hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya dan efisiensi turbin yang dihasilkan bervariasi berdasarkan bukaan guide vane. Semakin kecil bukaan guide vane, semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Nilai daya optimum tercapai pada bukaan 25°, yaitu 760,36 Watt dengan efisiensi 77,50%. Sebaliknya, daya minimum dihasilkan pada bukaan baling pemandu 75°, yaitu 33,04 Watt dengan efisiensi 3,37%.

Pada grafik hubungan bukaan pada gude vane terhadap efisiensi turbin dan daya. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa hubungan antara bukaan baling pemandu dengan daya dan efisiensi yang dihasilkan adalah sebanding atau linear, di mana keduanya mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya bukaan sudut *guide vane*. Peneliti berharap bahwa hasil penelitian ini dapat membantu masyarakat setempat dan menjadi contoh bagi daerah lain yang masih kesulitan mendapatkan aliran listrik. Untuk mencapai kinerja turbin yang optimal, peneliti menyarankan penggunaan bukaan baling pemandu yang minimum. Hal ini disebabkan oleh kondisi ideal dari segi arah jatuh air dan kecepatan laju air yang mengenai sudu turbin, sehingga dapat memaksimalkan energi kinetik air yang diserap oleh runner turbin.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi bukaan baling pemandu mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin.
2. Semakin kecil bukaan *guide vane*, semakin besar daya yang dihasilkan. Dari berbagai variasi bukaan baling pemandu yang digunakan, daya optimum yang diperoleh adalah 760,36 Watt pada bukaan sudut baling pemandu 25°.
3. Variasi bukaan baling pemandu mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi juga dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan. Semakin kecil pada sudut bukaan *guide vane*, semakin besar daya yang dihasilkan, dan nilai efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar. Dari berbagai variasi bukaan baling pemandu yang digunakan, nilai efisiensi optimum yang diperoleh adalah 77,50% pada bukaan baling pemandu 25°.

## VI. REFERENSI

- Afandi, A. R. A. (2018). *Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Dan Laju Aliran Terhadap Performa Turbin Kaplan*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Air, T. (2018). *Pengaruh Sudu Hydrofoil Naca 9407 Terhadap Efisiensi Turbin Aliran Silang (Cross-flow) Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*.
- Anisa, K. D., Arwizet, K., Lapisa, R., & Mulianti, M. (2023). Comparative Study of Numerical and Experimental Analysis of Micro Hydro Power Plant in Nagari Koto Hilalang Solok Regency. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(1), 47–60.
- Ardana, A. G. F. P., & Heru Supriyono, S. T. (2024). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Kapasitas 10 Watt sebagai Penerangan Jalan Umum*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asmiati, A., Sulastriani, S., & Citta, A. B. (2023). Pengembangan Sumber Daya Manusia Dalam Mendukung Transformasi Transportasi Laut Dalam Era Revolusi Industri 4.0. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(4), 6184–6197.
- Ekananta, Y., Muflikhah, L., & Dewi, C. (2018). Penerapan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 1283–1289.
- Jailani, M. S. (2023). Teknik pengumpulan data dan instrumen penelitian ilmiah pendidikan pada pendekatan kualitatif dan kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1–9.
- Mafruddin, M., & Marsuki, M. (2017). Pengaruh bukaan baling pemandu terhadap kinerja turbin pikohidro tipe *cross-flow*. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- Permadi, M. F. W., & Siregar, I. H. (2018). Uji eksperimental turbin angin sumbu vertikal jenis *cross flow* dengan variasi jumlah blade. *J. Tek. Mesin*, 6, 15–31.
- Pertiwi, O. D. P. (2017). *Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Cross-flow Ditinjau dari Pengaruh variasi Arah Nozzle erhadap Daya yang Dihasilkan*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Purba, I. J., Gultom, S., SABRI, M., Nasution, D. M., & Siregar, A. H. (2018). Uji Performansi Pengaruh Variasi Diameter Sudu dan Tinggi Jatuh Air Masuk pada Turbin Vortex. *Jurnal E-Dinamis*, 6(3).
- Rahmawan, I. (2024). *Analisa kinerja Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Sangga Buana Ypkp.
- Rasyid, H. A. (2021). *Pengaruh Tinggi Muka Air Danau Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Di PT. PLN Unit Pembangkitan Sumbagsel*. Universitas Islam Riau.
- Rauf, R. (2024). *Pembangkit Energi Listrik: Instalasi dan Prinsip Kerja*. Penerbit Kita Menulis.
- Ridwan, R., Ramadhan, W., Kurniawan, A., Lestari, W., & Setiawan, D. (2021). Pemanfaatan sinar matahari sebagai energi alternatif untuk kebutuhan energi listrik. *SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 1(1), 168–176.
- Rohermanto, A. (2013). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*.
- Sinaga, D. H., Sasue, R. R. O., & Hutahaeon, H. D. (2021). Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan. *Journal Zetroem*, 3(1), 11–17.
- Supardi, A., Budiman, A., & Khairudin, N. R. (2016). Pengaruh Kecepatan Putar dan Beban Terhadap Keluaran Generator Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 16(1), 26–31.

Wiranata, I. P. A., Janardana, I. G. N., Wijaya, I. W. A., Elektro, T., Teknik, F., & Udayana, U. (2020). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga *Mikro hidro* Menggunakan Turbin *Cross-flow*. *J. Spektrum*, 7(4).