

EVALUASI KINERJA TURBIN CROSSFLOW DENGAN JUMLAH SUDU 35

Fauzi Yahya¹, Yosi Apriani^{1*}, Zulkifli Saleh¹, Asri Indah Lestari¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

*e-mail: yosi_apriani@um-palembang.ac.id

Abstrak

Potensi energi sumber daya air sangat tinggi karena menyimpan energi potensial dan kinetik. Energi mekanik dari air dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Kebutuhan akan listrik terus meningkat seiring dengan perbaikan kondisi ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan percepatan pembangunan. Pembangunan memerlukan infrastruktur energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang model turbin crossflow yang akan dipasang pada sistem pembangkit listrik tenaga Picohydro (PLTPh), dengan cara menganalisis nilai outputnya baik analisis menggunakan beban maupun tanpa beban, serta menganalisis efisiensi yang dapat dihasilkan oleh model tersebut. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan penelitian, dimulai dari perencanaan dan desain jumlah sudu PLTPh, pembuatan alat penelitian, pengujian alat, tahapan analisis data uji serta evaluasi hasil penelitian yang telah di buat. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa Efisiensi dan kinerja model PLTPh yang dihasilkan model turbin *Crossflow* dengan jumlah sudu 35 adalah Daya air 88,2 Watt, Daya turbin 66,15 Watt, Daya terbangkitkan 49,61 Watt, dan Efisiensi Turbin 75%.

Kata kunci: daya turbin; PLTPh; sudu turbin.

Abstract

The energy potential of water resources is very high because it stores potential and kinetic energy. Mechanical energy from water can be used to generate electrical energy. The need for electricity continues to increase along with the improvement of economic conditions, population growth, and accelerated development. Development requires energy infrastructure. The purpose of this research is to design a crossflow turbine model that will be installed on a Picohydro power generation system (PLTPh), by analyzing its output value both analysis using load and no load, and analyzing the efficiency that can be generated by the model. The research method carried out consists of several stages of research, starting from the planning and design of the number of PLTPh blades, making research tools, testing tools, test data analysis stages and evaluating the results of research that has been made. The results of the test show that the efficiency and performance of the PLTPh model produced by the Crossflow turbine model with 35 blades are 88.2 Watts of water power, 66.15 Watts of turbine power, 49.61 Watts of generated power, and 75% Turbine Efficiency.

Keywords: turbine power; pico hydro power plant; turbine blades.

1. PENDAHULUAN

Air adalah sumber energi potensial yang sangat baik karena menyimpan energi potensial (untuk air yang jatuh) dan energi kinetik (untuk air yang bergerak). Tenaga air adalah energi yang dihasilkan oleh air yang mengalir. Energi yang terkandung dalam air dapat digunakan sebagai energi mekanik dan kemudian diubah menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air dan kincir air paling sering dibuat dengan kincir air dan turbin yang memanfaatkan air terjun dan arus sungai [1] [2].

Seiring dengan peningkatan kondisi ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan percepatan pembangunan, kebutuhan listrik ini terus meningkat. Salah satu kebutuhan terpenting untuk pembangunan itu sendiri adalah infrastruktur. Terbatasnya jumlah produsen tidak dapat mengimbangi pertumbuhan industri dan tingkat sosial ekonomi masyarakat. Di sisi lain, infrastruktur ini merupakan salah satu kebutuhan investasi terpenting yang sedang digenjut pemerintah. Di sisi lain, implementasi perluasan ketenagalistrikan di kalangan masyarakat, khususnya di pedesaan, masih sangat rendah. Solusi untuk masalah ini adalah dengan memasok listrik ke desa-desa dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) atau sumber lain. Tujuan perluasan tenaga listrik adalah untuk mendistribusikan perluasan tenaga listrik secara merata guna mendorong pertumbuhan ekonomi daerah [3] [4].

Salah satu contoh adalah pemanfaatan puncak pembangkit listrik tenaga hidro (PLTPh). Pembangkit ini dapat menghasilkan daya <5 kW yang tergolong dalam pembangkit listrik kapasitas kecil. Prinsip energi listrik bertenaga air adalah konversi energi air pada ketinggian tertentu dan ekstraksi air menjadi energi listrik melalui turbin dan generator [5] [6]. Pembangkit listrik tenaga air picoscale pada dasarnya memanfaatkan perbedaan tinggi aliran sungai dan aliran air per detik. Aliran air akan dapat menggerakkan turbin, yang pada gilirannya memutar generator yang dapat mengeluarkan listrik.[7]. Prinsip pengoperasian picohydro ini adalah dengan memanfaatkan perbedaan tinggi jatuh aliran air dan jumlah air yang dikeluarkan per detik. Aliran air akan memutar poros turbin dan menciptakan energi kinetik yang diubah menjadi energi listrik didalam turbin generator [8] [9].

Turbin air merupakan alat yang dapat merubah energi pada aliran air menjadi energi mekanik yang memutar putaran poros. Rotasi aksial ini digunakan dengan tujuan yang berbeda. Kebanyakan putaran turbin air digunakan untuk menggerakkan generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Tugas turbin yakni mengubah energi pada permukaan air agar menjaditorsi pada poros. Energi listrik yang dikeluarkan bergantung pada daya air untuk mengubah energi mekanik menjadidaya listrik. [10] [11]. Penelitian ini berfokus kepada analisis kinerja model turbin Crossflow pada jumlah sudu 35, dimana penelitian ini bisa menjadi acuan untuk mengembangkan potensi air untuk energi baru terbarukan dalam pembangkit listrik terutama menggunakan potensi sumber daya air pada daerah yang memiliki potensi air yang memungkinkan.

2. METODE

Proses penelitian ini ber fokus bagaimana membuat suatu pembangkit listrik tenaga air skala kecil (Picohidro) menggunakan jenis turbin Crossflow, dengan melakukan pengambilan data pada model PLTPh seperti debit air dan tinggi jatuh air, lalu dengan data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung ukuran turbin Crossflow. Berikut merupakan persamaan matematis perhitungan yang digunakan untuk menentukan parameter turbin [12] [13] [14].

$$\begin{array}{l} \text{Kecepatan Pancar Air (V):} \\ V = C \times \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \end{array} \quad (1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Diameter Luar} \\ D = \frac{3,14 \times Q}{Ln \times \sqrt{h}} \end{array} \quad (2)$$

$$\begin{array}{l} \text{Lebar Runner (L)} \\ L = 3.16 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}} \times \frac{1}{D} \end{array} \quad (3)$$

$$\begin{array}{l} \text{Diameter Dalam Runner (D)} \\ D_1 = \frac{2}{3} \times D \end{array} \quad (4)$$

$$\text{Lebar sudu} = r - r_1 \quad (5)$$

$$\begin{array}{l} \text{Jarak antar sudu} \\ S = 0,087 \times D \\ t = S / \cos 15^\circ \end{array} \quad (6)$$

$$\text{Jumlah sudu} = \frac{\pi \times D}{t_1} \quad (7)$$

$$\begin{array}{l} \text{Effisiensi Turbin } (\eta_t) \\ \eta_t = \frac{P_t}{P_{air}} \times 100 \end{array} \quad (8)$$

Daya suatu turbin air dihitung berdasarkan jumlah air yang dikeluarkan, massa jenis air, gaya berat dan ketinggian air (altitude) sehingga dapat dituliskan sebagai persamaan [15].

Daya *availabel/Hidrolis* (P_{air})

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times h \quad (9)$$

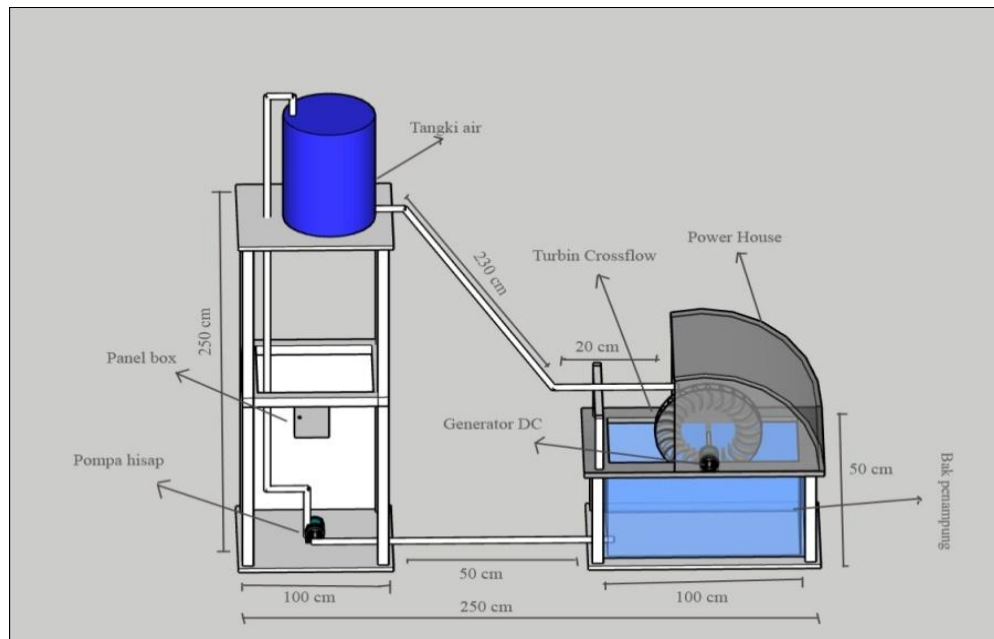
Daya Turbin

$$P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot n_t \quad (10)$$

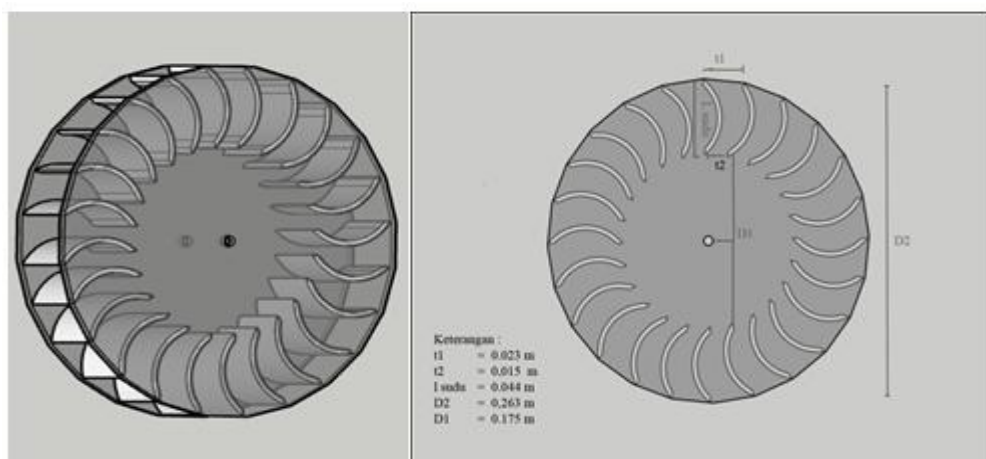
Daya Terbangkitkan

$$P_{out} = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot n_t \cdot n_g \quad (11)$$

Gambar berikut merupakan model desain sudu turbin pembangkit listrik *Picohydro* dengan memakai turbin *Crossflow* 35 sudu bisa kita lihat dalam Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Model PLTPh.

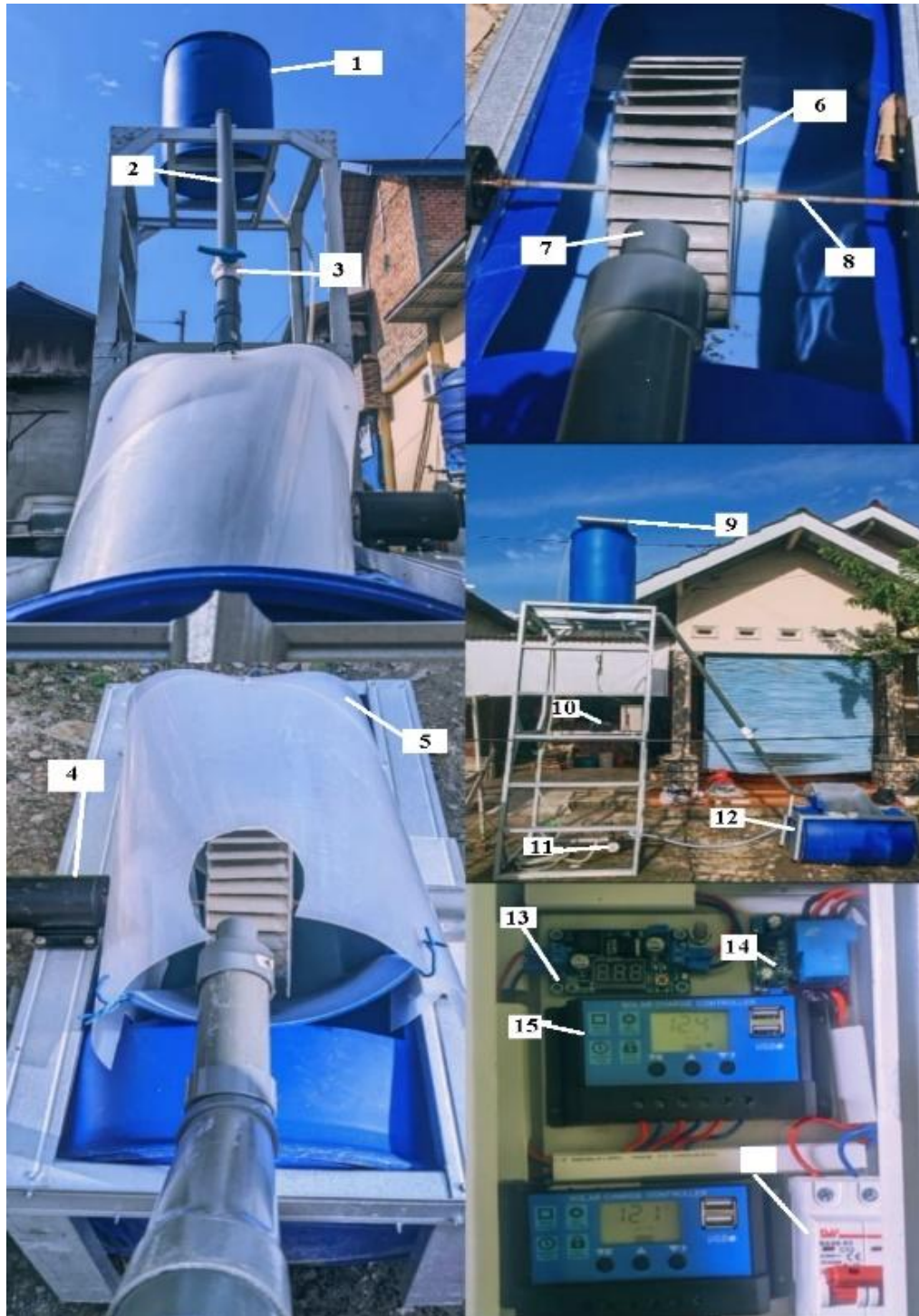


Gambar 2. Model turbin *crossflow*.

3. HASIL PENELITIAN

A. GAMBAR KESELURUHAN HASIL PENELITIAN

Sistem keseluruhan PLTPh mulai dari membuat bak air diatas, membuka turbin dan bak penampung dibagian bawah turbin, mengalirkan air diatas ke arah turbin melalui pipa pesat, menghubungkan turbin dengan generator. Selanjutnya mengkoneksikan generator ke panel box untuk diarahkan ke output dan juga baterai. Secara lengkap sistem PLTPh yg di buat tertuang dalam Gambar 3.



Gambar 3. Keseluruhan sistem PLTPh dan turbin *Crossflow*.

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) Bak penampung atas | 9) PLTS |
| 2) Pipa Penampang air | 10) Aki dan Panel |
| 3) Keran | 11) Pompa air |
| 4) Generator | 12) Bak Penampung bawah |
| 5) Housing | 13) Bost converter |
| 6) Turbin | 14) ATS |
| 7) <i>Nozel</i> | 15) SCC |
| 8) As turbin | |

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan ukuran diameter dalam turbin menggunakan persamaan 2

$$D = \frac{3,14 \times 0,0036}{0,254 \times \sqrt{250}}$$

$$= 0,263 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan ukuran diameter dalam turbin menggunakan persamaan 4.

$$D_1 = \frac{2}{3} \times 0,263 \text{ m}$$

$$= 0,175 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan ukuran jarak antar sudu turbin menggunakan persamaan 6

$$S_1 = 0,087 \times 0,0263 \text{ m}$$

$$= 0,0228 \text{ m}$$

$$t_1 = 0,0228 / \cos 15^\circ$$

$$= 0,0236 \text{ m}$$

$$S_2 = 0,087 \times 0,1753 \text{ m}$$

$$= 0,0152 \text{ m}$$

$$t_2 = 0,0152 / \cos 15^\circ$$

$$= 0,0157 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan ukuran dari lebar sudu turbin, perhitungan ini memakai Persamaan 5.

$$L \text{ sudu} = (0,263/2) - (0,1753/2)$$

$$= 0,044 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan tebal dari sudu turbin, perhitungan ini memakai Persamaan 6

$$s = 0,087 \times 0,0173$$

$$= 0,015 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan jari-jari kelengkungan sudu pada turbin menggunakan Persamaan 6.

$$r_c = 0,163 \times 0,175$$

$$= 0,028 \text{ m}$$

Berikut ini adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan jumlah sudu yang akan dipakai pada *runner*, perhitungan ini memakai Persamaan 8.

$$n = \frac{3,14 \times 0,263}{0,0236}$$

$$= 34,9 \text{ dibulatkan menjadi } 35 \text{ sudu}$$

Tabel 1 adalah data yang didapat dari hasil perancangan dan perhitungan turbin *Crossflow* yang digunakan dalam rancang bangun pembangkit listrik tenaga *picohydro*(PLTPh).

Tabel 1. Perhitungan turbin *Crossflow*.

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Diameter luar	0,263	Meter
2	Diameter dalam	0,175	Meter
3	Jarak antar sudu dalam	0,015	Meter
4	Jarak antar sudu luar	0,023	Meter
5	Jumlah sudu	35	Sudu
6	Lebar sudu	0.044	Meter

Perhitungan untuk mengetahui Daya air atau daya *availabel* model turbin *Crossflow* pada model PLTMh ini menggunakan Persamaan 9 yakni:

$$P_{air} = 1000 \times 9,8 \times 0,0036 \times 2,5$$

$$= 88,2 \text{ Watt} \approx 0,0882 \text{ kW}$$

Perhitungan untuk mencari daya turbin dengan menggunakan turbin *Crossflow* yang dengan menggunakan Persamaan 10 berikut:

$$P_t = 1000 \times 9,8 \times 0,0036 \times 2,5 \times 0,75$$

$$= 66,15 \text{ Watt} \approx 0,06615 \text{ kW}$$

Perhitungan untuk mencari daya terbangkitkan menggunakan menggunakan Persamaan 11 berikut:

$$P_{out} = 1000 \times 9,8 \times 0,0036 \times 2,5 \times 0,75 \times 0,75$$

$$= 49,61 \text{ Watt} \approx 0,04961 \text{ kW}$$

Tabel 2 menampilkan perhitungan nilai efisiensi model turbin *Crossflow* pada model PLTMh ini berdasarkan Persamaan 8.

$$\eta_t = \frac{0,06615}{0,0882} \times 100$$

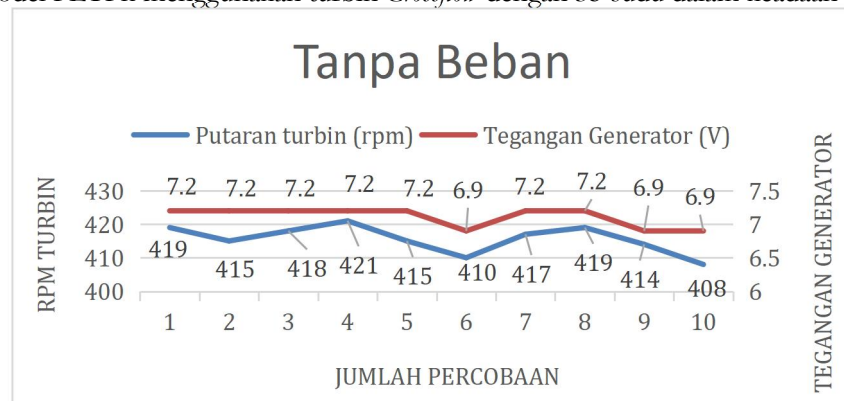
$$= 75 \%$$

Tabel 2. Daya yang dihasilkan.

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Daya <i>Availabel</i> (P_{air})	88,2	Watt
2	Daya Turbin (P_t)	66,15	Watt
3	Daya terbangkitkan (P)	49,61	Watt
4	Efisiensi Turbin	75	%

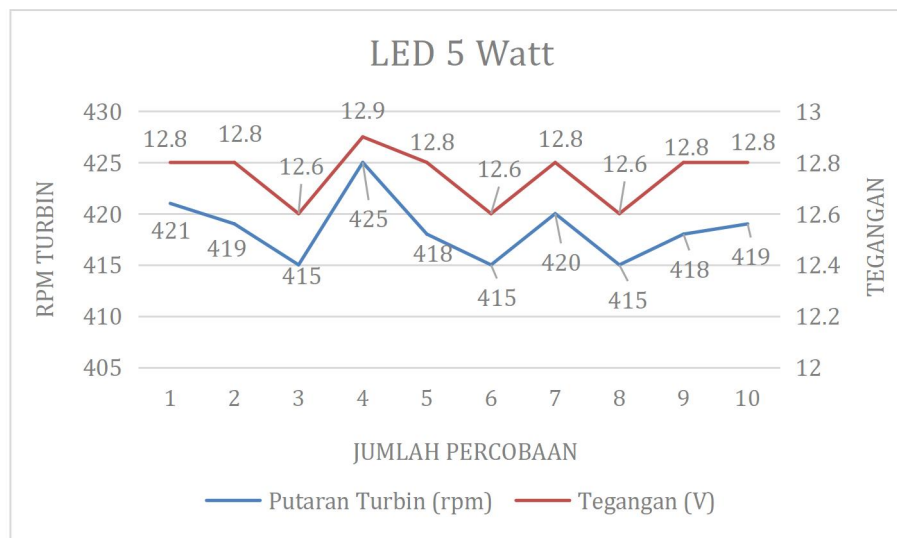
B. PENGUJIAN

1. Pengujian model PLTPh menggunakan turbin *Crossflow* dengan 35 sudu dalam keadaan tanpa beban



Gambar 4. Pengujian model PLTPh menggunakan turbin *Crossflow* 35 sudu tanpa beban.

2. Pengujian model PLTPh Memakai Turbin *Crossflow* Dengan 35 Sudu Dengan Beban Lampu 5 Watt



Gambar 5. Pengujian model PLTPh memakai turbin *Crossflow* 35 sudu dengan beban.

4. DISKUSI

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa dengan jumlah sudu 35 terlihat bahwa semua parameter bisa di hitung dengan menggunakan persamaan yang telah di tentukan. Mulai dari perhitungan dimaeter luar, diameter dalam, jarak antar sudu dalam, jarak antar sudu luar, dan lebar sudu, dari parameter-parameter tersebut selanjutnya bisa terlihat nilai bagaimana jumlah sudu 35 di dapatkan. Berdasarkan Tabel 2 dengan perhitungan yang sudah dilakukan didapat nilai daya availabel model PLTPh sebesar 88,2 Watt setara 0,088,2 kW, dengan daya turbin yang bisa dihasilkan sebesar 66,15Watt setara 0,06615kW maka didapat efisiensi turbin sebesar 75%. Serta daya terbangkitkan yang bisa dihasilkan model PLTPh dengan turbin Crossflow berjumlah 35 sudu adalah 49,61Watt setara 0,04961kW

Berdasarkan Gambar 4 yang merupakan hasil Pengujian model PLTPh menggunakan turbin Crossflow dengan 35 sudu pada keadaan tidak disambung beban, hasil pengukuran yang didapat adalah jumlah putaran rata-rata yang dihasilkan oleh turbin sebesar 415 rpm dengan rata-rata tegangan yang mampu dihasilkan oleh generator sebesar 7.1 V. Berdasarkan Gambar 5 Parameter pada Pengujian model PLTPh menggunakan turbin Crossflow dengan 35 sudu dalam keadaan dibebani Lampu 5 Watt yakni parameter pengukuran rpm turbin, jumlah tegangan, arus dan daya yang dihasilkan. Hasil dari pengukuran yang didapat dari pengujian PLTPh dalam keadaan berbeban yaitu dilakukan dengan tambahan Boost Converter untuk menaikkan tegangan keluaran generator agar mencapai 12V, diperoleh jumlah putaran rata-rata yang dihasilkan dari turbin sebesar 418,5 rpm, dan tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh generator setelah melewati Boost Converter adalah 12,75 V, dengan arus rata-rata 0,43 A serta daya rata-rata sebesar 5,47 Watt.

5. KESIMPULAN

Output yang dihasilkan dengan menggunakan turbin Crossflow dengan jumlah sudu 35 adalah: Pada kondisi tanpa beban rata-rata RPM yang dihasilkan 415 rpm dan rata-rata tegangan yang dihasilkan langsung dari generator adalah 7,1V. Pada kondisi dengan beban lampu DC 5 Watt yang dibantu Boost Converter untuk menaikkan tegangan output rata-rata RPM yang dihasilkan 418 rpm, rata-rata Tegangan yang dihasilkan setelah melewati Boost Converter 12,7 V dan Arus yang dihasilkan 0,43 A. Efisiensi dan kinerja model PLTPh yang dihasilkan model turbin Crossflow dengan jumlah sudu 35 adalah: Daya air 88,2 Watt, Daya turbin 66,15 Watt, Daya terbangkitkan 49,61 Watt, dan Efisiensi Turbin 75%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih dapat ditujukan kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Mhammadiyah Palembang serta Unit Penelitian dan Pengabdian Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang atas izin melaksanakan penelitian dari bulan Juni 2023 sampai desember 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Yusmartato And S. A. S. Alayubi Sitanggang, "Pemanfaatan Aliran Air Untuk Pembangkit Listrik," *J. Electr. Technol.*, Vol. 7, No. 1, 2022.
- [2] M. Martua, D. Setiawan, And H. Yuvendius, "Studi Karakteristik Luar Dan Efisiensi Generator Dc Penguat Terpisah Terhadap Perubahan Beban Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic," Vol. 1, No. 1, Pp. 22–36, 2021.
- [3] A. Badrus Soleh, A. Supriyanto, G. Ahmad Pauzi, And D. Arif Surtono, "Analisis Potensi Energi Listrik Piko hidro Dari Sumber Air Pegunungan Serta Upaya Peningkatan Daya Listrik Dengan Memanfaatkan Rangkaian Joule Thief," *J. Energy*, Vol. 1, No. 3, 2020.
- [4] E. Prianto, N. Yuniarti, And D. C. Nugroho, "Boost-Converter Sebagai Alat Pengisian Baterai Pada Sepeda Listrik Secara Otomatis," *J. Edukasi Elektro*, Vol. 4, No. 1, Pp. 52–62, 2020.
- [5] A. Abbas, M. Alam, And R. Kumar, "Analytical Analysis Of Combined Effect Of Interior Guide Tube And Draft Tube On Cross Flow Turbine Performance," *Mater. Today Proc.*, Vol. 46, No. Xxxx, Pp. 5372–5377, 2020.
- [6] A. Saepul Uyun And B. Novianto, "Rancang Bangun Low Head Turbin Piko Hidro," Vol. 10, No. 1, 2020.
- [7] M. Suyanto, I. Sains, And T. Akprind Yogyakarta, "Yumary: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Pengenalan Pembangkit Listrik Skala Piko hidro Model Kanal Ditempatkan Pada Saluran Irigasi Kapasitas 300 Watt (Introduction Of Pico hydro Scale Power Plant A Canal Model Is Placed On Irrigation Canals Capacity Of 300 Watt)," Vol. 3, No. 1, Pp. 33–42, 2022.
- [8] M. K. Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang," Vol. 9, No. 2, Pp. 52–58, 2020.
- [9] A. Angkasa, B. Persada, Y. Ningsih, And H. Gunawan, "Perancangan Sistem Elektrikal Pada Alat Pengisian Minyak Rem Otomatis Mobil," Vol. 6, Pp. 35–40, 2019.
- [10] A. Juni Yanda, S. Abubakar, And P. Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, "Perancangan Turbin Cross-Flow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (Pltph) Di Desa Wih Tenang Uken Bener Meriah," *J. Tekno*, Vol. 5, No. 1, 2021.
- [11] E. T. Woldemariam And H. G. Lemu, "Numerical Simulation-Based Effect Characterization And Design Optimization Of A Micro Cross-Flow Turbine," *Stroj. Vestnik/Journal Mech. Eng.*, Vol. 65, No. 6, Pp. 386–397, 2019.
- [12] P. A. Wiranata, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin Cross-Flow," *J. Spektrum*, Vol. 7, No. 4, 2020.
- [13] M. Luthfi Hakim, N. Yuniarti, And E. Swi Damarwan, "Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro," *J. Edukasi Elektro*, Vol. 4, No. 1, 2020.
- [14] G. R. Cahyono, A. Amrullah, P. R. Ansyah, And R. Rusdi, "Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Putaran Dan Daya Hidrolisis Pada Turbin Archimedes Screw Portable," *J. Rekayasa Mesin*, Vol. 13, No. 1, Pp. 257–266, Jun. 2022.
- [15] R. P. Zulkiffli Saleh, Yosi Apriani, Feby Ardianto, "Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 Kw," *J. Surya Energy*, Vol. 3, No. 2, Pp. 2001–2001, 2019.