

PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU TERHADAP PUTARAN DAN DAYA TURBIN CROSFLOW UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO

Hanif Fauzi ¹⁾ ✉, Sutarno ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
haniffauzihanif02@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semangkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
sutarnopas@gmail.com

Abstract

The main problem in energy supply in Indonesia is still dominated by the use of fossil fuels that are not environmentally friendly and cannot be renewed. This encourages the need for the development of more sustainable renewable energy, one of which is the utilization of water energy through the Pico Hydro Power Plant (PLTPH) system, which is very suitable for use in areas with small air discharge and low head. This study aims to determine the effect of variations in the number of blades on the power and efficiency of the crossflow turbine. The study was conducted using three variations in the number of blades, namely 14, 16, and 18. Testing was carried out experimentally at constant water discharge conditions, namely at 0.0131 m³/s using five loading levels ranging from no load to 305 watts. The parameters observed include turbine power and efficiency to determine the optimal number of blades in producing the best results. The results showed that the number of blades 14 provided the best performance compared to other numbers of blades. The highest turbine power and generator power were obtained at 14 blades with no-load testing of 302.11 watts and 186.01 watts with turbine and generator rotations of 104.73 rpm and 2,016.04 rpm. Meanwhile, blade 18 produces the lowest turbine and generator power values at a load of 305 watts, namely 249.06 watts and 15.57 watts with turbine and generator rotations of 69.2 rpm and 1,332.10 rpm. The highest efficiency is also obtained on blade 14, namely 58.91%, while the lowest efficiency is found on blade 18, namely 48.56%. Thus, it can be concluded that the number of blades 14 is the most optimal configuration for achieving good turbine performance.

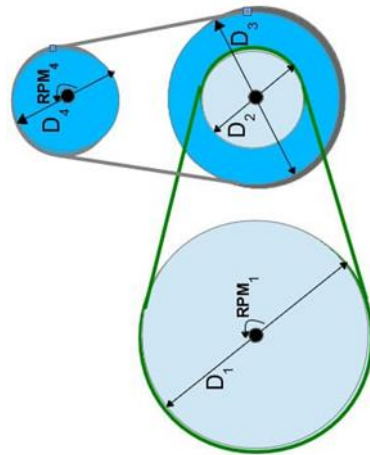
Keywords : Crossflow Turbine, Number of Blades, Rotation, Power and efficiency

1. PENDAHULUAN

Energi di Indonesia saat ini masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil yang merupakan sumber energi tak terbarukan. Ketergantungan ini tidak hanya mempercepat penurunan sumber daya alam, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan ^[1]. Salah satu alternatif yang ramah lingkungan adalah pemanfaatan energi air melalui Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH). PLTPH merupakan sebuah pembangkit yang memanfaatkan debit air kecil dengan head rendah seperti pada aliran sungai, irigasi atau air terjun untuk membangkitkan listrik ^[2]. PLTPH memiliki kapasitas keluaran yang kurang dari 5 kW, sehingga pembangkit ini di klasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil. Salah satu jenis turbin yang cocok untuk pembangkit skala kecil adalah turbin *crossflow* karena efisiensinya cukup tinggi dan desainnya sederhana ^[3]. Keistimewaan turbin air jenis *crossflow* terletak pada mekanisme aliran air yang melintang dan menyerap energi air dalam dua kali, sehingga mencapai efisiensi yang tinggi. Parameter yang sangat berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin ini, yaitu sudut sudu, jumlah sudu dan debit air ^[4]. Maka pengembangan

desain penelitian yang saya lakukan adalah dengan merujuk pada dua hal, yaitu variasi jumlah sudu dan transmisi yang digunakan. Jumlah sudu mengacu pada penelitian Ryan Priambodho, Gigga (2020) dan Buku, Atus (2019) yang menyatakan bahwa jumlah sudu sangat memengaruhi daya dan efisiensi. Ryan Priambodho menemukan bahwa jumlah sudu 8 menghasilkan daya dan efisiensi tertinggi ^[5], dan Atus menunjukkannya pada jumlah sudu 12 menghasilkan kinerja optimal pada kincir air ^[6], sehingga penelitian ini menggunakan rentang sudu yaitu 14 hingga 18 dengan interval 2 sudu untuk mencari titik optimal kinerja turbin.

Sedangkan untuk meningkatkan daya yang dihasilkan oleh generator, putaran dari turbin ditransmisikan menggunakan sistem pulley ganda bertingkat. Sistem ini memiliki konfigurasi pulley sebagai berikut: D1 = 66 cm, D2 = 15 cm, D3 = 35 cm, dan D4 = 8 cm



Gambar 1. Desain *Pulley* Bertingkat Penggerak Generator

Rasio transmisi dari D1 ke D4 adalah sekitar 1:19, artinya setiap satu putaran turbin akan menghasilkan sembilan belas putaran pada poros generator. Hal ini sesuai dengan prinsip transmisi daya menggunakan *pulley* dan sabuk, di mana kecepatan putar berbanding terbalik dengan diameter *pulley* ^[7]. Maka dapat disimpulkan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap putaran dan daya turbin, serta menentukan sudu terbaik yang dapat menghasilkan kinerja paling optimal.

Sebelum melakukan perhitungan kinerja yang dihasilkan berupa daya dan efisiensi, maka perlu diketahui persamaan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Debit air (Q)

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

Keterangan :

v : Volume air (m³)

t : Waktu (s)

2. Kecepatan aliran air teoritis (Vt)

$$V_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (2)$$

Keterangan :

g : Percepatan gravitasi (m/s²), sekitar 9,807 m/s²

h : Ketinggian jatuh (*head*) air (m)

3. Putaran Generator (n)

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

Keterangan :

D₁ : Diameter *pulley* penggerak (mm)

n₁ : Putaran *pulley* penggerak (rpm)

4. Daya Generator (Pg)

$$Pg = V \times I \quad (4)$$

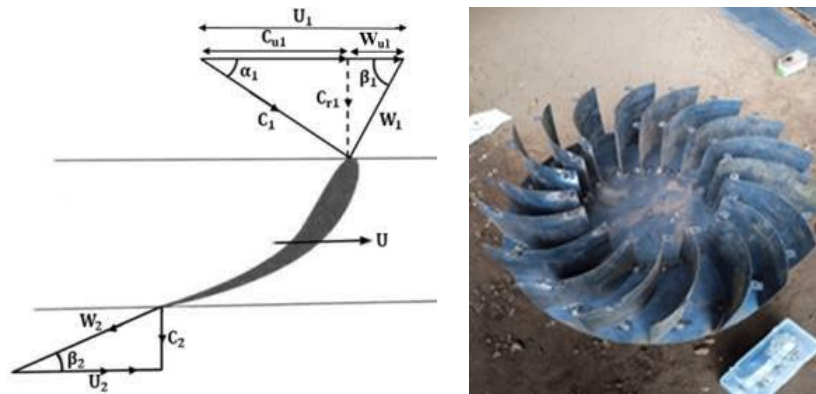
Keterangan :

V : Tegangan (Volt)

I : Kuat Arus (ampere)

5. Daya Turbin

Untuk menghitung daya turbin pada setiap pembebanan dihitung menggunakan segitiga kecepatan



Gambar 2. Segitiga Kecepatan Turbin Aksi dan Perbandingannya

$$C1 = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

Keterangan :

C1 : Kecepatan absolut inlet

Q : Debit air

A : Luas penampang

$$N = n \times \frac{2\pi}{60} \quad (6)$$

Keterangan :

N : Putaran

N : Nilai RPM turbin

$$R_1 = \frac{d_1}{2} \quad (7)$$

Keterangan :

R1 : Jari-jari luar

d_1 : Diameter luar

$$R_2 = \frac{d_2}{2} \quad (8)$$

Keterangan :

R2 : jari-jari dalam

d_2 : Diameter dalam

$$U_1 = \omega \cdot R_1 \quad (9)$$

Keterangan :

U1 : Kecepatan sudu inlet

ω : Kecepatan sudut angular (rad/s)

R1 : Jari-jari luar

$$U_2 = \omega \cdot R_2 \quad (10)$$

Keterangan :

U2 : Kecepatan sudu outlet

ω : Kecepatan sudut angular (rad/s)

R2 : Jari-jari dalam

$$W = \sqrt{C1^2 + U1^2 - 2 \cdot C1 \cdot U1 \cdot \cos \theta} \quad (11)$$

Keterangan :

C : Kecepatan absolut

U : Kecepatan sudut inlet

θ : Sudut sudu

$$\frac{\sin \theta^\circ}{W} = \frac{\sin \beta 1}{U_1} \quad (12)$$

Keterangan :

W : Kecepatan relatif

U₁ : Kecepatan sudu inlet

θ : Sudut sudu

$\beta 1$: Sudut air yang masuk ke sudu turbin

$$\alpha 1 = \theta^\circ + \beta 1 \quad (13)$$

Keterangan :

$\alpha 1$: Sudut kemiringan inlet

θ : Sudut sudu

$\beta 1$: Sudut air yang masuk ke sudu turbin

$$C = \sqrt{U_2^2 + W^2 - 2 \cdot U_2 \cdot W \cdot \sin \alpha 1} \quad (14)$$

Keterangan :

W : Kecepatan relatif

U₂ : Kecepatan sudu outle

$\alpha 1$: Sudut kemiringan inlet

$$\frac{\sin \alpha 1}{C_2} = \frac{\sin \beta 2}{U_2} \quad (15)$$

Ketrangan :

U : Kecepatan sudu outlet

C : Kecepatan absolut outlet

$\alpha 1$: Sudut kemiringan inlet

$$\alpha 2 = \sin \alpha 1 + \beta \quad (16)$$

Keterangan:

$\alpha 2$: Sudut kemiringan outlet

$\sin \alpha 1$: Sudut kemiringan inlet

$\beta 2$: Sudut air meninggalkan sudu turbin

$$C_{1x} = \cos \theta^\circ \cdot C_1 \quad (17)$$

Dimana C_{1x} adalah kecepatan sudu

$$C_{1y} = \sin \theta^\circ \cdot C_1 \quad (18)$$

Dimana C_{1y} adalah kecepatan relatif

$$C_{2x} = \cos \alpha 1 \cdot C_2 \quad (19)$$

$$C_{2y} = \sin \alpha 1 \cdot C_2 \quad (20)$$

$$F = \rho \cdot Q \cdot (C_2 - C_1) \quad (21)$$

$$F_x = \rho \cdot Q \cdot (C_{2x} - (-C_{1x})) \quad (22)$$

$$F_y = \rho \cdot Q \cdot (C_{2y} - (-C_{1y})) \quad (23)$$

$$F_{total} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (24)$$

$$P = F_{total} \cdot U_1 \quad (25)$$

6. Daya Air Mengalir (Pa)

$$Pa = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (26)$$

Keterangan :

Q : Debit air (m³/s)

P : Massa jenis air (kg/m³)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

H : Ketinggian jatuh (*head*) air (m)

7. Efisiensi Turbin (η)

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \% \quad (27)$$

Keterangan :

η : Efisiensi turbin

P_t : Daya turbin (watt)

P_a : daya air (watt)

Merupakan ukuran kemampuan untuk menggunakan sumber daya secara optimal, dengan tujuan memaksimalkan hasil (*output*) sambil meminimalkan penggunaan sumber

daya (*input*).

2. METODE DAN BAHAN

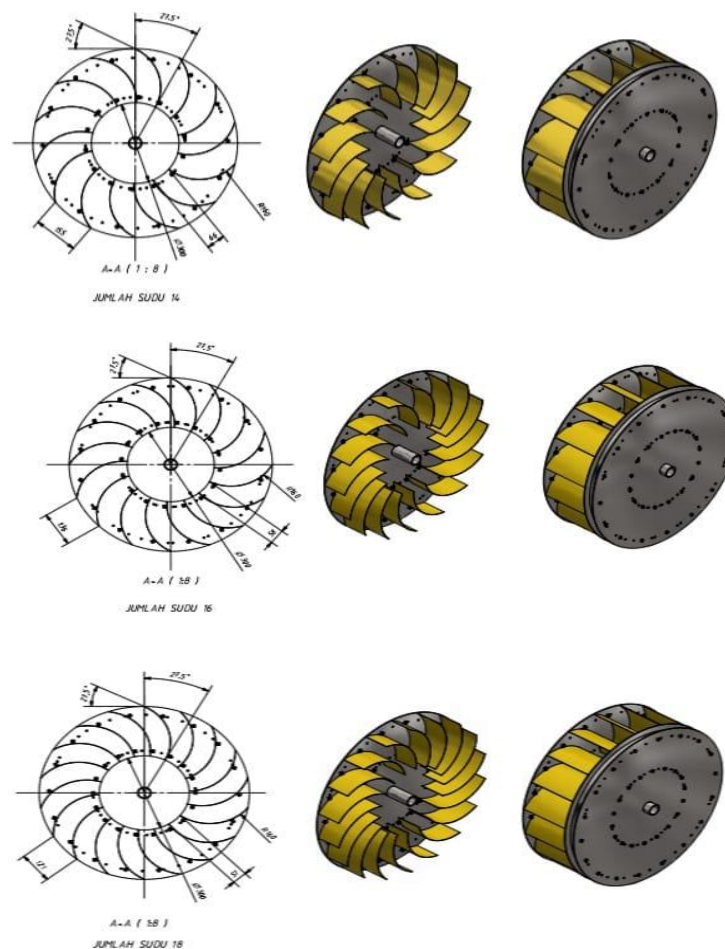
2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Dibuat untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin air jenis crossflow dengan variasi jumlah sudu 14, 16 dan 18.



Gambar 3. Jumlah Sudu Turbin *Crossflow*

Dengan sudut sudu sebesar $27,5^\circ$, diameter luar turbin sebesar 70 cm dan diameter dalam turbin 30 cm



Gambar 4. Variasi Jumlah Sudu Turbin *Crossflow* 14, 16, dan 18

Turbin air crossflow, yang dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Turbin

Parameter	Dimensi Ukuran
Diameter Luar Turbin	700 mm
Diameter Dalam Turbin	300 mm
Lebar Turbin	200 mm
Jumlah Sudu	14, 16, dan 18
Sudut Sudu	27,5°
Jumlah Turbin	1
Diameter Poros Turbin	38 mm
Tebal Sudu	1 mm

Penelitian dilakukan di Sungai Kubangan, Desa Gununglurah, Cilongok, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilakukan dengan cara mengalirkan air berdebit 0,0131 m³/s melalui pipa berdiameter 4 inchi dari *head* setinggi ±2 meter menuju *nozzle*. Aliran air dari *nozzle* diarahkan ke sudu turbin *crossflow* sehingga turbin berputar. Putaran turbin kemudian diteruskan ke poros generator menggunakan sabuk dan *pulley*, untuk kemudian diubah menjadi energi listrik.



Gambar 5. Pengujian Turbin *Crossflow*

Pengujian dilakukan pada tiga variasi jumlah sudu, yaitu 14, 16, dan 18. Setiap variasi jumlah sudu diuji dengan lima Tingkat pembebanan, yaitu tanpa beban, lampu 100 watt, 200 watt, 300 watt, dan 305 watt.

Data yang diukur meliputi putaran turbin, tegangan, dan kuat arus listrik yang dihasilkan untuk menghitung kinerja turbin. Data yang diukur pada saat penelitian didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jumlah Sudu 14

Jumlah Sudu	Beban (Watt)	Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
14	0	104,73	218,83	0,85
	100	92,43	189,5	0,599
	200	90,0	119,6	0,415
	300	88,9	90,5	0,254
	305	82,1	83	0,244

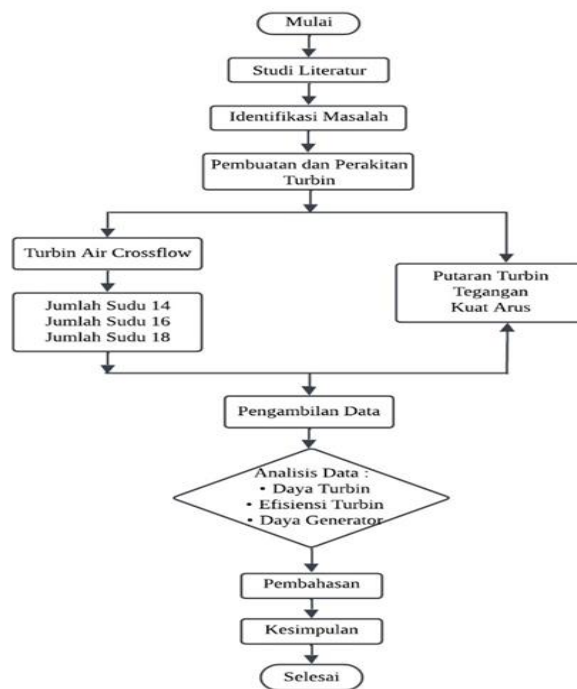
Tabel 3. Hasil Pengukuran Jumlah Sudu 16

Jumlah Sudu	Beban (Watt)	Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
16	0	91,75	207,7	0,60
	100	87,6	157,33	0,492
	200	82,9	104,9	0,334
	300	80,7	81,6	0,241
	305	80,2	73,5	0,224

Tabel 4. Hasil Pengukuran Jumlah Sudu 18

Jumlah Sudu	Beban (Watt)	Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
18	0	89,17	192,33	0,53
	100	78,3	148,17	0,432
	200	75,93	104,9	0,334
	300	69,7	77,5	0,226
	305	69,2	72,4	0,215

2.2 Flowchart Penelitian

**Gambar 6.** Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Perhitungan Penelitian

Berdasarkan data yang sudah diukur, maka dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Debit Air

Untuk mengukur debit air, digunakan metode pengukuran langsung dengan ember berkapasitas 60 liter (konversi ke satuan $\text{m}^3 = 0,06 \text{ m}^3$) dan rata-rata waktu 4,57 s. Dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{\text{Volume}}{\text{waktu}} \\
 &= \frac{0,06 \text{ m}^3}{4,57 \text{ s}} \\
 &= 0,0131 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

2. Kecepatan Aliran Air Teoritis

Untuk mengetahui kecepatan aliran air menggunakan kecepatan teoritis (V_t) yaitu dengan persamaan 2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_t &= \sqrt{2 \times g \times H} \\
 &= \sqrt{2 \times 9,807 \times 2} \\
 &= 6,26 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

3. Putaran Generator

Untuk menghitung putaran poros generator pada setiap pembebanan dihitung menggunakan persamaan 3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{D_1}{D_2} &= \frac{n_2}{n_1} \\ \frac{66}{15} &= \frac{n_2}{104,73} \\ n_2 &= \frac{66 \times 104,73}{15} = 460,81 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\frac{D_3}{D_4} &= \frac{n_4}{n_3} && \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 460,81 \text{ rpm} \\ \frac{35}{8} &= \frac{n_4}{460,81} \\ n_4 &= \frac{35 \times 460,81}{8} = 2.016,04 \text{ rpm}\end{aligned}$$

4. Daya Generator

Data Voltage dan Arus listrik didapat dari pengujian pada setiap tahapan proses. Untuk menghitung daya generator pada setiap pembebanan dihitung menggunakan persamaan 4 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Pg &= V \times I \\ &= 218,83 \text{ Volt} \times 0,85 \text{ A} \\ &= 186,01 \text{ Watt}\end{aligned}$$

5. Daya Air Mengalir

Untuk menghitung daya turbin pada setiap pembebanan dihitung menggunakan segitiga kecepatan dengan persamaan 5 hingga 25. Maka didapat daya yang dihasilkan

$$\begin{aligned}P &= F_{tot} \times \vartheta 1 \\ &= 78,71 \times 3,84 \\ &= 302,11 \text{ Watt} \\ &= 0,30211 \text{ kW}\end{aligned}$$

6. Daya Air Mengalir

Untuk menghitung daya air yang mengalir (Pa) menggunakan persamaan 26 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Pa &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 998 \times 9,807 \times 0,0131 \times 4 \\ &= 512,85 \text{ watt}\end{aligned}$$

7. Efisiensi Turbin

Untuk menghitung nilai efisiensi turbin dapat menggunakan persamaan 27 sebagai berikut :

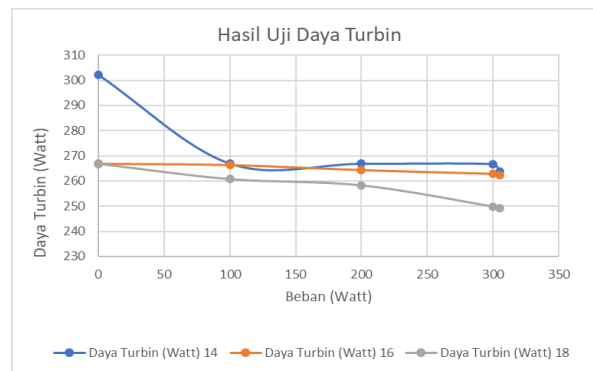
$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_t}{P_a} \times 100 \% \\ &= \frac{302,11}{512,85} \times 100 \% \\ &= 58,91\%\end{aligned}$$

3.2 Analisa Data Penelitian

Data yang sudah dihitung maka akan dianalisa dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Analisa Data Daya Turbin

Beban (W)	Daya Turbin (Watt)		
	14	16	18
0	302,11	266,92	266,77
100	266,88	266,43	260,73
200	266,87	264,35	258,26
300	266,72	262,81	249,85
305	263,83	262,41	249,06
Daya Maksimum	302,11	266,92	266,77

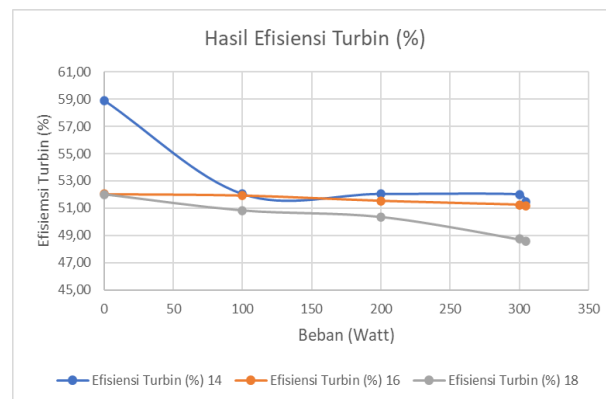


Gambar 7. Grafik Daya Turbin

Berdasarkan hasil pengujian variasi jumlah sudu terhadap daya turbin, diketahui bahwa jumlah sudu 14 memberikan daya turbin tertinggi, yaitu sebesar 302,11 watt saat kondisi tanpa beban. Perbedaanannya lebih besar dibandingkan dengan jumlah sudu 16 dengan daya maksimum lebih rendah yaitu 266,92 watt. Sementara itu, jumlah sudu 18 menunjukkan daya awal lebih rendah, yaitu 266,77 watt saat kondisi tanpa beban dan daya terendah yaitu hanya 249,06 watt di pembebanan 305 watt. Sudu yang terlalu banyak dapat menyebabkan air tidak menghantam sudu secara maksimal dikarenakan celah atau jarak antar sudu yang terlalu sempit, sehingga gaya dorong yang dihasilkan lebih kecil dan mengurangi kinerja putaran turbin. Hal ini menunjukkan bahwa baik sudu terlalu sedikit maupun terlalu banyak sama-sama kurang efisien, dan sudu optimal berada di awal yaitu sudu 14, karena mampu mengarahkan aliran air dengan kontrol yang baik menuju sudu sehingga menghasilkan daya dorong optimal tanpa banyak kehilangan energi.

Tabel 6. Analisa Data Efisiensi Turbin

Beban (W)	Efisiensi Turbin (%)		
	14	16	18
0	58,91	52,05	52,02
100	52,04	51,95	50,84
200	52,04	51,54	50,36
300	52,01	51,24	48,72
305	51,44	51,17	48,56
Efisiensi Maksimum	58,91	52,05	52,02

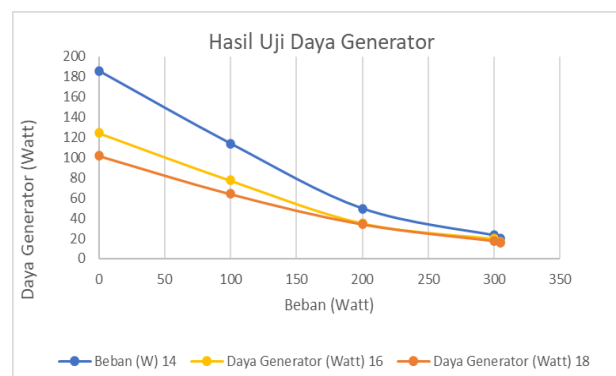


Gambar 8. Grafik Efisiensi Turbin

Berdasarkan Tabel 6 dan grafik efisiensi, menunjukkan hubungan antara variasi beban dengan efisiensi turbin pada tiga konfigurasi jumlah sudu, yaitu 14, 16 dan 18. Dari grafik dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada jumlah sudu 14, yaitu sebesar 58,91% saat kondisi tanpa beban. Namun, seiring meningkatnya beban, efisiensi pada jumlah sudu ini mengalami penurunan hingga mencapai sekitar 51,17% di sudu 16 dengan beban 305 watt. Berbeda dengan kedua sudu tersebut, jumlah sudu 18 menghasilkan efisiensi paling rendah pada semua tingkat beban. Efisiensi awalnya hanya 52,02% dan terus menurun hingga mencapai titik terendah sebesar 48,56%. Ini menunjukkan bahwa jumlah sudu terlalu banyak menyebabkan aliran air tidak sepenuhnya dimanfaatkan oleh sudu turbin, sehingga efisiensinya rendah dan kurang optimal untuk menghasilkan daya dan efisiensi turbin. Perbedaan efisiensi ini dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti tinggi jatuh air (*head*), kesesuaian debit air terhadap kapasitas turbin, serta arah dan kecepatan aliran air yang mengenai sudu. Selain itu, faktor desain *nozzle* juga mempengaruhi efisiensi secara keseluruhan.

Tabel 7. Analisa Data Daya Generator

Beban (W)	Daya Generator (Watt)		
	14	16	18
0	186,01	124,62	101,93
100	114	77,41	64,01
200	49,63	35,04	35,04
300	22,09	19,67	17,52
305	20,25	16,46	15,57
Daya Maksimum	186,01	124,62	101,93



Gambar 9. Grafik Daya Generator

Berdasarkan hasil pengujian variasi jumlah sudu terhadap daya generator, diketahui bahwa jumlah sudu 14 selalu berada di atas dua sudu lainnya, dengan daya tertingginya mencapai 186,01 watt, yang menandakan bahwa jumlah sudu 14 menghasilkan daya tertinggi secara konsisten dan memperkuat Kesimpulan bahwa sudu 14 merupakan sudu yang optimal. Sementara itu, jumlah sudu 18 menunjukkan daya awal lebih rendah, yaitu 101,93 watt saat kondisi tanpa beban dan daya terendah yaitu hanya 15,57 watt di pembebanan 305 watt. Sudu yang terlalu banyak dapat menyebabkan air tidak menghantam sudu secara maksimal dikarenakan celah atau jarak antar sudu yang terlalu sempit, sehingga gaya dorong yang dihasilkan lebih kecil dan mengurangi kinerja putaran turbin. Sudu 16 masih menghasilkan daya yang lebih tinggi dari sudu 18, namun tetap berada di bawah sudu 14 karena sudu yang terlalu dekat menyebabkan energi air tidak sepenuhnya dihantarkan ke sudu.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Astuti, (2022) juga menegaskan bahwa jumlah sudu merupakan salah satu parameter paling berpengaruh dalam perolehan daya turbin *crossflow*. Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan penurunan daya generator seiring dengan bertambahnya beban. Hal ini dikarenakan semakin besar beban yang diberikan pada sistem, semakin menurun pula daya listrik yang dihasilkan oleh generator dan variasi jumlah sudu memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan sistem dalam menghasilkan daya, dengan jumlah sudu optimal berada di sudu 14.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan dari variasi jumlah sudu berpengaruh terhadap besar kecilnya daya yang dihasilkan. Jumlah sudu turbin 14, menghasilkan daya turbin tertinggi dengan pengujian tanpa beban sebesar 302,11 watt dan daya generator tertinggi sebesar 186,01 watt dengan putaran turbin sebesar 104,73 rpm dan menghasilkan putaran generator sebesar 2.016,04 rpm yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan sudu lainnya. Sebaliknya, jumlah sudu 18 menghasilkan daya turbin terendah di pembebanan 305 watt sebesar 249,06 watt dan daya generator sebesar 15,57 watt dengan putaran turbin sebesar 69,2 rpm dan menghasilkan putaran generator sebesar 1.332,10 rpm.
2. Variasi jumlah sudu juga berpengaruh terhadap efisiensi turbin. Jumlah sudu 14 menghasilkan efisiensi tertinggi dengan pengujian tanpa beban sebesar 58,91%. Sementara itu, jumlah sudu 18 memiliki efisiensi paling rendah di pembebanan 305 watt, yaitu 52,02%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sudu memiliki peran penting dalam mempengaruhi besarnya energi yang dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin.
3. Dari tiga variasi jumlah sudu yang diuji, yaitu 14, 16 dan 18 dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu 14 merupakan yang paling optimal. Pengujian yang dilakukan melalui lima tingkat pembebanan, yaitu tanpa beban (0 watt), lampu 100 watt, 200 watt, 300 watt dan 305 watt, terlihat bahwa daya turbin dan efisiensi cenderung menurun seiring dengan bertambahnya beban, namun jumlah sudu 14 tetap menunjukkan hasil yang paling stabil dan konsisten dibandingkan dengan jumlah sudu yang lainnya.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Sutarno, S.T., M.T. yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Iteks ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mafruddin dan Dwi Irawan, "Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin *Cross-Flow*". TURBO. 7(2), 2018.

- [2] Fitri, S. N. dan M. Syahrul, “Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Pico-Hydro”. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*. 1(2), 2020.
- [3] Jayanegara, S., R. Efendi, M. Hasim, dan D. M. Rifqie, “Uji Kinerja Turbin Crossflow Skala Laboratorium Sebagai Pembangkit Listrik”. *PATRIA ARTHA Technological Journal*. 7(1): 106-116, 2023.
- [4] Astuti, F. A., dan A. R., Fachudin, “Optimasi Turbin Air Crossflow Dengan Menggunakan Metode Taguchi”. *Jurnal INTEKNA*. 22(1): 60-64, 2022.
- [5] Ryan Priambodho, Gigga dan Heru Adiwibowo, Priyo, “ Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang V Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal”. *JTM* 8(2) : 19-30, 2020.
- [6] Buku, A., B. Tangaran, dan H. C. P Tiwow, “Variasi Jumlah Sudu Pada Kincir Air Arus Bawah Sebagai Tenaga Irigasi Skala Laboratorium”. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* : 204-209, 2019
- [7] Lubis, I. S., R. Rahmadin, M. Widyartono, dan A. C. Hermawan. “Pengaruh Sistem Dan Rasio Pulley Terhadap Daya Listrik Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro”. *Jurnal Teknik Elektro*. 12(3) : 40-48, 2023.
- [8] Anam, D. K., dan Adiwibowo, P. H. “Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Setengan Lingkaran Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin *Crossflow*”. *JTM*. 8(1) : 129-138, 2020
- [9] Arismunandar, W. “*Penggerak Mula Turbin*. Edisi Ketiga Cetakan Pertama”. Bandung. ITB, 2004
- [10] Arrianto, D. A. “Analisis Performansi Turbin Air *Crossflow* Terhadap Perubahan Sudut Sudu Dan Debit Aliran”. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya. Palembang. 2018
- [11] Yanda, A. J., S. Abubakar, dan Radhiah, “Perancangan Turbin Cross-Flow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) Di Desa Wih Tenang Uken Bener Meriah”. *Jurnal Tektro, JURNAL TEKTR*O. 5(1): 69-76, 2021