

Analysis Effect Blade Distance on the Performance of Microhydro Power Plants**Analisis Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*** Endang Prihastuty¹, W. Djoko Yudisworo², Erfan Subiyanta³, Achmad Tohasan⁴, Maldiesa⁵^{1,2,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA.³ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA.

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 12 April 2024

DIREVISI : 24 Mei 2024

DISETUIJUI : 7 Juni 2024

*KORESPONDENSI PENULIS :

prihastutyendang@gmail.com**Abstract**

Microhydro power plants are small-scale power plants that use hydropower as their driving force. The hydropower used can be in the form of water flows such as irrigation canals, rivers or natural waterfalls. Microhydro power plants principally utilize the height and amount of water flow discharge per second on the water flow of irrigation canals, rivers or waterfalls.

This flow of water rotates the turbine shaft so as to produce mechanical energy. One of the components in microhydro power plants is a turbine. The type of turbine used in low-head water flow is a screw turbine. This study discusses the effect of blade distance on the performance of microhydro power plants. The change in blade spacing given is 15 cm, 20 cm and 22 cm spacing with a 40-degree blade slope. From changes in blade spacing greatly affect the power and efficiency of the turbine. The highest power is generated by the use of 15 cm blades of 1267 watts. The efficiency of the turbine is also affected by the power generated by the turbine itself. The highest turbine efficiency is produced by the use of a blade distance of 15 cm of 37.25%, the closer the distance between the blades the greater the power and efficiency generated in the turbine itself.

Keywords: PLTMH, Analysis, Turbine Blade Distance, Efficiency**Abstrak**

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit listrik dalam skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan ketinggian dan jumlah debit aliran air per detik pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Salah satu komponen pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah turbin. Jenis turbin yang digunakan pada aliran air dengan head rendah adalah turbin screw. Pada penelitian ini membahas mengenai pengaruh jarak sudu terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Perubahan jarak sudu yang diberikan adalah jarak sudu 15 cm, 20 cm dan 22 cm dengan kemiringan sudu 40 derajat. Dari perubahan jarak sudu sangat mempengaruhi daya dan efisiensi turbin. Daya tertinggi dihasilkan oleh penggunaan sudu 15 cm sebesar 1267 watt. Efisiensi turbin pun terpengaruh oleh daya yang dihasilkan turbin itu sendiri. Efisiensi turbin tertinggi dihasilkan oleh penggunaan jarak sudu 15 cm sebesar 37,25 %, maka semakin dekat jarak antar blade semakin besar pula daya dan efisiensi yang dihasilkan pada turbin itu sendiri.

Kata Kunci: PLTMH, Analisis, Jarak Sudu Turbin, Efisiensi**I. PENDAHULUAN**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro atau PLTMH dapat menjadi alternatif sumber energi listrik bagi masyarakat yang tinggal di daerah-daerah pelosok di Indonesia. Di saat sumber energi fosil mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air menjadi sumber energi yang sangat penting untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. PLTMH merupakan instalasi pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga yang berasal dari aliran air atau terjunan air, waduk atau bendungan, serta saluran irigasi yang dibangun secara multiguna dan menghasilkan kapasitas listrik kurang dari 1 MW (Mega Watt).

Meski sama-sama menggunakan tenaga air, namun kapasitas listrik yang dihasilkan tersebut tidak lebih besar dibanding dengan PLTA atau Pembangkit Listrik Tenaga Air. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Adapun jenis turbin yang digunakan adalah jenis turbin screw (*Archimedes screw*). Penggunaan archimedes screw telah bergeser pemanfaatannya dari pompa menjadi sumber energi tenaga air pada head rendah sebagai turbin air. Kinerja turbin archimedes srew dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain tingkat rendaman turbin, sudut kemiringan turbin, pitch ratio, dan jumlah sudu. Beberapa peneliti telah mengembangkan

penelitian tentang turbin screw antara lain mengenai pengaruh sudut kemiringan head turbin screw dan daya putar turbin screw dan daya output [1] dan menyatakan bahwa hasil pengukuran tertinggi pada sudut *head* turbin 40° . daya output yang dihasilkan adalah 10,92 Watt, dengan efisiensi sebesar 14 %. Hasil yang diperoleh masih rendah dikarenakan putaran turbin kurang mampu untuk memutar generator, dimana torsi generator lebih besar dari torsi pada turbin. Hal tersebut dipengaruhi oleh debit air yang kecil pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini. Penelitian berikutnya tentang analisa pengaruh jumlah sudu dan penambahan belah pipa dengan sudut kemiringan. Terhadap tegangan listrik. Metode penelitian yang digunakan adalah penambahan bentuk belah sudu, jumlah sudu, dan sudut kemiringan penambahan belah sudu. Tambahan belah sudu yang digunakan adalah dari material pipa pvc 3 inch yang dibelah menjadi 3, 4, dan 5. Jumlah sudu untuk penelitian yaitu 10, 12, 14. Sudut kemiringan belah pipa yaitu 15° , 30° , dan 45° . Analisis yang dilakukan menggunakan metode taguchi. Dari hasil penelitian yang didapatkan bahwa belah pipa memiliki pengaruh paling besar untuk putaran turbin lalu diikuti oleh sudut kemiringan setelah itu jumlah sudu. Belah pipa yang paling berpengaruh untuk putaran turbin yaitu belah pipa 5. Jumlah sudu yang paling baik adalah 14 buah, dan sudut kemiringan belah pipa yang baik adalah 15° . Berdasarkan permasalahan mengenai turbin screw yang dibahas dalam latar belakang di atas maka dalam penelitian ini merumuskan permasalahan bagaimana pengaruh jarak sudu (15 cm, 20 cm, dan 22 cm) dengan kemiringan sudut kemiringan poros 40° terhadap daya, efisiensi dan tegangan output yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Penelitian dilaksanakan di aliran air irigasi di desa Pabuaran Wetan kabupaten Cirebon.

II. Tinjauan Pustaka

1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Turbin merupakan komponen yang berperan untuk mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanik. Aliran air yang mengenai turbin akan membuatnya berputar dan putaran tersebut diteruskan ke generator yang terhubung dengan *gearbox*.

Turbin Ulir

Blade merupakan bagian penting dalam suatu sistem konversi energi air sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan air. Turbin air tipe screw dibagi dalam dua jenis yaitu tipe steel trough dan tipe closed compact installation, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Turbin screw (A) type steel trough dan (B) type closed compact Installation

Turbin screw tipe steel trough adalah tipe turbin yang pada bagian sudu atau bladenya terbuka sehingga air yang mengalir ke sudu turbin hanya selebar bucket. Sedangkan untuk turbin screw tipe closed compact installation merupakan jenis turbin yang memiliki instalasi keseluruhannya tertutup. Pada turbin ini memungkinkan air yang mengalir menuju sudu turbin hamper bisa memenuhi bagian yang menutupi instalasi turbin.

Komponen Archimedes Screw (Turbin Ulir)

Poros Turbin Ulir

Turbin ulir adalah salah satu komponen utama alat yang memiliki fungsi merubah sumber energi air menjadi energi mekanik. Pada penggunaannya turbin ulir dapat diatur posisinya sesuai kondisi tinggi aliran air, turbin ulir bekerja pada head rendah dengan ketinggian jatuh air antara 1 m – 15 m. Prinsip kerja turbin ulir yaitu air dari ujung atas mengalir masuk ke ruang antara kisar *blade screw* (bucket) dan keluar dari ujung bawah. Sehingga menimbulkan gaya berat air dan beda tekanan hidrostatis dalam bucket di sepanjang rotor mendorong blade screw dan memutar generator listrik yang disambungkan dengan ujung atas poros turbin ulir.

Pemanfaatan PLTMH

Mikrohidro yang menghasilkan daya kurang dari 100 KW dapat dimanfaatkan untuk saluran listrik hunian rumah, industri kecil seperti penggilingan padi maupun umkm dengan daya konsumsi energi listrik dibawah 100 KW serta dapat juga dipergunakan untuk penerangan jalan umum (PJU). PLTMH biasanya diaplikasikan untuk penyediaan energi listrik dengan mengkonversikan daya poros menjadi energi listrik dengan menggunakan generator atau motor listrik.

III. Metodologi Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh jarak sudu turbin screw pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Dari tujuan tersebut terdapat 3 tahapan (*milestone*) yang dilakukan yaitu :

1. Pemilihan lokasi penelitian di saluran aliran air irigasi desa Pabuaran Wetan kabupaten Cirebon
2. Menentukan jarak sudu pada turbin ulir untuk menghasilkan daya lampu penerangan jalan.
3. Untuk mengetahui pengaruh jarak sudu turbin terhadap efisiensi yang dihasilkan. Tabel 1 merupakan spesifikasi Alat turbin ulir

Tabel 1. Spesifikasi turbin screw

Spesifikasi	Parameter
Panjang Turbin Ulir	116 cm
Tinggi ulir	8 cm
Diameter ulir	24 cm
Jarak sudu	15 cm, 20 cm, 22 cm
Kemiringan	40°

Gambar turbin screw



Gambar 2. turbin screw

Untuk mengetahui pengaruh jarak sudu turbin terhadap efisiensi diperoleh dari perhitungan

1. Daya hidrolis

Dimana daya yang dihasilkan oleh turbin screw dapat di ukur menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Perhitungan daya hidrolis:

$$P = \rho x g x Q x h$$

Dimana :

P = Daya hidrolis (watt)

ρ = Massa jenis fluida/air (kg/m³)

Q = Debit air (m³ /s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = Head atau tinggi air jatuh (m)

2. Daya Output Turbin

Daya output yang dihasilkan oleh generator dapat di ukur menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_o = V x I$$

Dimana :

P_o = Daya Keluar (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (A)

3. Efisiensi Turbin

Untuk mencari efisiensi pada turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai

Berikut :

$$\eta = \frac{P_g}{P_h} x 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi Turbin

P_g = Daya Generator

P_h = Daya Hidrolis

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Daya Hidrolis

Dari hasil survei di lokasi saluran irigasi dam roti dengan tinggi head 0,90 m untuk jarak sudu 15 cm dengan massa jenis air 1000 kg/m³ dan percepatan gravitasi 9,8 m/s² dengan debit rata-rata 0,358 m³ /s, untuk jarak sudu 20 cm dengan ketinggian air 0,85 m dengan massa jenis air 1000 kg/m³ dan percepatan gravitasi 9,8 m/s² dengan debit rata-rata 0,297 m³ /s, sedangkan untuk jarak sudu 22 cm dengan ketinggian air 0,80 m dengan massa jenis air 1000 kg/m³ dan percepatan gravitasi 9,8 m/s² dengan debit rata-rata 0,275 m³ /s.

Dari hasil perhitungan daya hidrolis diatas untuk aliran air pada turbin screw dengan jarak sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan daya

Jarak Sudu	Tinggi Air Jatuh (h)	Massa Jenis Air (P)	Gaya Gravitasi (g)	Debit Aliran (Q)	Daya Hidrolis (watt)
15 cm	0,90 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,358 m ³ /s	3157 watt
	0,90 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,367 m ³ /s	3237 watt
	0,90 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,349 m ³ /s	3078 watt
20 cm	0,85 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,297 m ³ /s	2474 watt
	0,85 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,305 m ³ /s	2540 watt
	0,85 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,288 m ³ /s	2399 watt
22 cm	0,80 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,275 m ³ /s	2156 watt
	0,80 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,287 m ³ /s	2250 watt
	0,80 m	1000 kg/m ³	9,8 m/s ²	0,279 m ³ /s	2187 watt

4.2. Perhitungan Daya Output Generator

Dari hasil survei di lokasi saluran irigasi dam roti dengan jarak sudu 15 cm menghasilkan tegangan listrik 508,9 volt dan arus listrik 2,49 ampere dengan putaran rata-rata 1910 rpm, untuk jarak sudu 20 cm menghasilkan tegangan listrik 461,7 volt dan arus listrik 1,80 ampere dengan putaran rata-rata 1835 rpm sedangkan untuk jarak sudu 22 cm menghasilkan tegangan listrik 422,9 volt dan arus listrik 1,23 ampere dengan putaran rata-rata 1708 rpm.

Tabel 3 tabel perhitungan daya generator

Jarak Sudu	Beban Lampu	Putaran Turbin (n)	Tegangan Listrik (volt)	Arus Listrik (I)	Daya Generator (watt)
15 cm	41 watt	1910	508,9	2,49	1267
	41 watt	1915	513,7	2,61	1341
	41 watt	1920	521,7	2,76	1439
20 cm	41 watt	1835	461,7	1,80	831
	41 watt	1846	469,2	2,13	999
	41 watt	1842	465,5	1,92	893
22 cm	41 watt	1708	422,9	1,23	520
	41 watt	1721	427,6	1,38	590
	41 watt	1734	431,4	1,56	672

4.3. Perhitungan Efisiensi Turbin

Dari hasil survei di lokasi saluran irigasi dam roti dengan jarak sudu 15 cm menghasilkan daya hidrolis sebesar 3157 watt dan daya generator yang dihasilkan sebesar 1267 watt dengan putaran rata-rata 1910 rpm, untuk jarak sudu 20 cm menghasilkan daya hidrolis sebesar 2474 watt dan daya generator yang dihasilkan sebesar 831 watt dengan putaran rata-rata 1835 rpm sedangkan untuk jarak sudu 22 cm menghasilkan daya hidrolis sebesar 2156 watt dan daya generator yang

dihasilkan sebesar 520 watt dengan putaran rata-rata 1708 rpm dengan menggunakan persamaan:

Dari perhitungan efisiensi turbin diatas untuk efisiensi yang dihasilkan pada turbin dengan jarak sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini

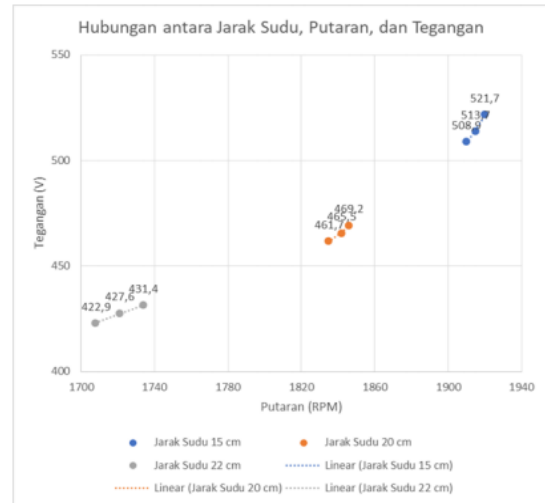
Tabel 4. Tabel hasil perhitungan efisiensi

Jarak Sudu	Kemiringan	Putaran Turbin (n)	Daya Hidrolis	Daya Generator	Efisiensi Turbin
15 cm	40°	1910	3157 watt	1267	40,13 %
	40°	1915	3237 watt	1341	41,43 %
	40°	1920	3078 watt	1439	46,75 %
20 cm	40°	1835	2474 watt	831	33,59 %
	40°	1846	2540 watt	999	39,33 %
	40°	1842	2399 watt	893	37,22 %
22 cm	40°	1708	2156 watt	520	24,12 %
	40°	1721	2250 watt	590	26,22 %
	40°	1734	2187 watt	672	30,72 %

B. PEMBAHASAN

1. Tegangan Listrik

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapat nilai tegangan listrik dengan putaran turbin yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dalam hal ini tegangan listrik diperoleh dengan alat multimeter sehingga menghasilkan data dari sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm.



Gambar 3. grafik hubungan jarak sudu, putaran dan tegangan

Pada hasil pencarian data tegangan listrik dengan putaran turbin pada sudut kemiringan poros 40 derajat adalah sebagai berikut: pada sudu 15 cm dengan 1910 rpm diperoleh hasil tegangan listrik sebesar 508,9 volt, pada sudu 20 cm dengan 1835 rpm diperoleh hasil tegangan listrik sebesar 461,7 volt dan pada sudu 22 cm dengan 1708 rpm diperoleh hasil tegangan listrik sebesar 422,9 volt. Hal ini menunjukkan tegangan listrik pada sudu 15 cm lebih besar dibanding sudu 20 cm dan sudu 22 cm.

2. Arus Listrik

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapat nilai arus listrik dan putaran turbin yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dalam hal ini arus listrik diperoleh dengan alat multimeter sedangkan dalam hal ini hasil dari putaran turbin di peroleh dengan alat tachometer sehingga menghasilkan data dari sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm.

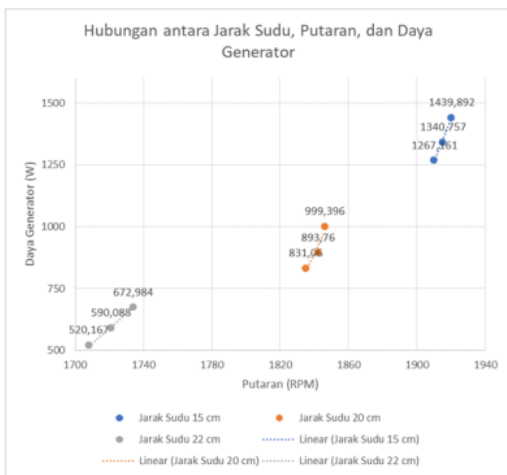


Gambar 4. Grafik hubungan antara jarak sudu, putaran dan arus listrik

Pada hasil pencarian data arus listrik dan putaran turbin dengan sudut kemiringan poros 40 derajat adalah sebagai berikut: pada sudu 15 cm dengan 1910 rpm diperoleh hasil arus listrik sebesar 2,49 ampere, pada sudu 20 cm dengan 1835 rpm diperoleh hasil arus listrik sebesar 1,80 ampere dan pada sudu 22 cm dengan 1708 rpm diperoleh hasil arus listrik sebesar 1,23 ampere. Hal ini menunjukkan arus listrik pada sudu 15 cm lebih besar dibanding sudu 20 cm dan sudu 22 cm.

3. Daya Generator

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai daya generator dengan menghitung menggunakan rumus P maka akan dihitung daya yang dihasilkan dari mesin pembangkit listrik Archimedes dari sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm.

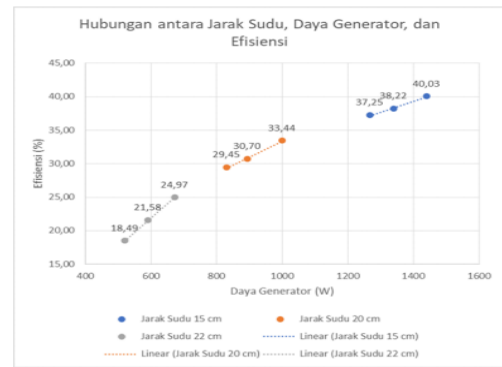


Gambar 5. grafik hubungan antara jarak sudu, putaran dan daya generator

Pada hasil perhitungan daya generator di atas dengan sudut kemiringan poros 40 derajat adalah sebagai berikut: pada sudu 15 cm diperoleh hasil sebesar 1267 watt, pada sudu 20 cm mengalami penurunan efisiensi sebesar 831 watt dan di sudu 22 cm juga mengalami penurunan efisiensi sebesar 520 wat. Hal ini menunjukkan daya generator pada sudu 15 cm lebih besar dibanding sudu 20 cm dan sudu 22 cm.

4. Efisiensi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai Efisiensi sistem turbin ulir adalah kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi kinetik dari air yang mengalir menjadi energi listrik. sehingga akan menghasilkan daya efisiensi dari 3 pengujian pada sudu 15 cm, 20 cm, dan 22 cm.



Gambar 5. Efisiensi Turbin

Pada hasil perhitungan efisiensi di atas dengan sudut kemiringan poros 40 derajat adalah sebagai berikut: pada sudu 15 cm diperoleh hasil sebesar 37,25%, pada sudu 20 cm mengalami penurunan efisiensi sebesar 29,45% dan di sudu 22 cm juga mengalami penurunan efisiensi sebesar 18,49%. Hal ini menunjukkan efisiensi pada sudu 15 cm lebih besar dibanding sudu 20 cm dan sudu 22 cm.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian analisi pengaruh jarak sudu turbin pada sudut kemiringan 40 derajat terhadap daya dan efisiensi turbin diatas yaitu jumlah sudu sangat mempengaruhi daya dan efisiensi turbin tersebut. Daya tertinggi dihasilkan oleh penggunaan sudu 15 cm sebesar 1267 watt. Efisiensi turbin pun akan terpengaruh oleh daya yang dihasilkan turbin itu sendiri. Efisiensi turbin tertinggi dihasilkan oleh penggunaan jarak sudu 15 cm sebesar 37,25 %, maka semakin dekat jarak antar blade semakin besar pula daya dan efisiensi yang dihasilkan pada turbin itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Juliana, I.P., Weking, A.I. and Jasa, L., 2018. Pengaruh sudut kemiringan head turbin ulir dan daya putar turbin ulir dan daya output pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro. *Majalah ilmiah teknologi elektro*, 17(3).

[2] Abidin AS, Sanata A, Asrofi M, Sutjahjono H, Koekoeh R, Koentjoro W, Ilminnafik N, Setiawan DL, Kustanto MN, Adib A, Rosyadi IH. ANALISIS PERFORMA TURBIN AIR TIPE ULIR (ARCHIMEDES SCREW) DENGAN VARIASI TEKANAN.

[3] Saefudin E, Kristyadi T, Rifki M, Arifin S. Turbin screw untuk pembangkit listrik skala mikrohidro ramah lingkungan. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*. 2017;1(3).

[4] Ardika IK, Weking AI, Jasa L. Analisa Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Putaran Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik

Tenaga Mikro Hidro. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro. 2019 Jun;18(2):217-26.

[5] Maolana A. *UJI PENGARUH VARIASI SUDU TURBIN PADA SUDUT KEMIRINGAN POROS 15 DERAJAT TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN ARCHIMEDES* (Doctoral dissertation, DIII Teknik mesin Politeknik Harapan Bersama).

[6] Baskoro F, Karim MW, Widyartono M, Haryudo SI. Kajian kemiringan blade dan head turbin archimedes screw terhadap daya keluaran generator AC 1 phase 3 kW. *Jurnal Teknik Elektro*. 2021;10(1):219-28.

[7] Rahmat A, Arman R. PEMBUATAN TURBIN ULIR ARCHIMEDES TENAGA MIKROHIDRO. ABSTRACT OF UNDERGRADUATE RESEARCH, FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY, BUNG HATTA UNIVERSITY.;20(2):2-.2

[8] Havendri, A. and Arnif, I., 2000. Kaji Eksperimental Penentuan Sudut Ulir Optimum Pada Turbin Ulir Untuk Data Perancangan Turbin Ulir Pada Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan Head Rendah. *Sumber, 1500*, pp.1-35.

[9] Nugraha, A., Ramadhan, M.N., Syarief, A. and Adianto, D.S., 2022. Analisis Kinerja Turbin Archimedes Screw Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), pp.48-56.

[10] Suharto, B. and Bekti, E.F., 2016. Pembuatan Dan Pengujian Turbin Ulir Dua Sudu. *Jurnal Teknik Energi*, 6(2), pp.547-550.