ELEMEN
Jurnal Teknik Mesin
Vol.11 No.2 Desember 2024 ; pp. 126 - 133

ISSN 2442-4471 (cetak)
ISSN 2581-2661 (online)
http://je.politala.ac.id

ANALISIS VARIASI KEMIRINGAN SUDUT TURBIN *SINGLE BLADE* TERHADAP EFISIENSI DAN DAYA PADA *ARCHIMEDES SCREW* MENGGUNAKAN *COMPUTIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD)

Shofiyuddin Ali Ahmad[1*)], Nurmala Dyah Fajarningrum[2)], Sigit Iswahyudi[3)]

1) Mahasiswa, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia
2,3) Dosen Teknik Mesin, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Corresponding email [1)] :
shofisoditan24@gmail.com
nurmaladf30@untidar.ac.id
sigit.iswahyudi@untidar.ac.id

Received: *16.09.2024*
Accepted: *26.11.2024*
Published: *28.12.2024*

©2024 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. *Potensi energi terbarukan di negara Indonesia tergolong melimpah seperti energi air. Potensi energi ini dapat digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh parameter sudut head turbin dan sudut ulir terhadap efisiensi dan daya turbin air jenis ulir. Sudut yang dipakai yaitu sudut poros turbin 20°,25°, dan 30° pada sudut ulir 22° dan 26°. Kemudian dibuat desain dengan menggunakan Autodesk Inventor kemudian disimulasikan dengan menggunakan software Ansys. Hasil penelitian didapatkan bahwa daya terbesar dan efisiensi turbin terbesar didapat pada sudut ulir 26° dengan sudut porors turbin 30° dengan nilai daya 80072.98 watt dan efisiensi sebesar 95,37%. sedangkan untuk daya dan efisiensi terendah terdapat pada sudut ulir 22° dan sudut poros 20° dengan nilai daya yang diperoleh sebesar 72643.44 watt dengan efisiensi sebesar 86,52%. Sehingga dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai sudut yang bagus pada variasi sudut ulir 26° dan sudut poros turbin 30°.*
Kata kunci: Computational Fluid Dynamics (CFD), Turbin Ulir, Sudut

Abstract. *The potential for renewable energy in Indonesia is abundant, such as water energy. This energy potential can be used for Micro Hydro Power Plants (PLTMH). This study aims to study the effect of turbine head angle and screw angle parameters on the efficiency and power of screw-type water turbines. The angles used are turbine shaft angles of 20 °, 25 °, and 30 ° at screw angles of 22 ° and 26 °. Then a design was made using Autodesk Inventor and then simulated using Ansys software. The results of the study showed that the greatest power and the greatest turbine efficiency were obtained at a screw angle of 26 ° with a turbine shaft angle of 30 ° with a power value of 80072.98 watts and an efficiency of 95.37%. While the lowest power and efficiency were at a screw angle of 22 ° and a shaft angle of 20 ° with a power value of 72643.44 watts with an efficiency of 86.52%. So from this research, it was found that the good angle value is at the variation of the thread angle of 26° and the turbine shaft angle of 30°.*
Keywords: Computational Fluid Dynamics (CFD), Screw Turbine, Turbine shaft angle, and thread angle

To cite this article: https://doi.org/10.34128/je.v11i2.291

1. Pendahuluan

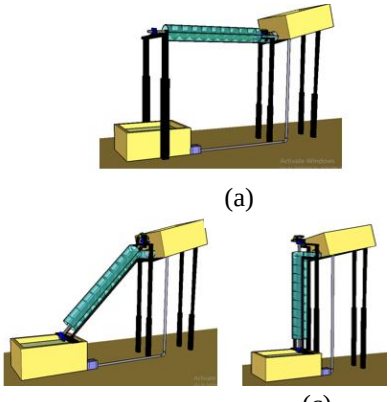
Kebutuhan energi di seluruh dunia sangat meningkat. Kebutuhan tersebut dipengaruhi oleh semakin meningkatnya populasi manusia yang sangat tinggi. Adapun tingkat pertumbuhan penduduk Indonesia sendiri sebesar 1,25% per tahun dari tahun 2010 hingga 2020 [1]. Pertumbuhan penduduk yang meningkat ini juga berpengaruh keperluan konsumsi energi semakin meningkat. Akan tetapi, berbanding terbalik dengan sumber energi yang tersedia justru akan semakin berkurang seperti Bahan Bakar Minyak (BBM) yang semakin tahun semakin menipis. Maka dengan ini diperlukan energi-energi terbarukan yang sangat melimpah di alam [2].

Energi terbarukan saat ini belum bisa dimanfaatkan dengan maksimal karena kurangnya pengetahuan sumber daya alam yang dimiliki. Salah satu negara yang memiliki kekayaan alam yang luar biasa yaitu Indonesia. Sumber daya air, angin, sinar matahari, dan panas bumi yang melimpah di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu sumber daya yang sering kita jumpai namun pemanfaatnnya belum maksimal yaitu air[2]. Kebutuhan listrik Indonesia pada tahun 2035 diperkirakan berkisar antara 903–1.229 TWh, dan kapasitas penyediaan listriknya diperkirakan akan mencapai 215–270 GW, dengan sumber energi utamanya tetap batubara. Hydropower dengan head yang sangat rendah, yaitu head kurang dari 2 m, adalah salah satu potensi yang signifikan tetapi belum banyak dibahas. Hydropower kecil dengan daya 100 W hingga 1000 kW dan head sangat rendah dari 0,8 m hingga 2,0 m masih merupakan masalah yang belum terpecahkan [3].

Archimedes screw turbine atau dikenal sebagai turbin ulir adalah jenis turbin yang dapat digunakan sebagai Pembangkit Listrik. Turbin ulir ini merupakan salah satu turbin yang cukup berbeda dan menjadikan turbin ini spesial karena dapat digunakan pada aliran air sungai atau irigasi yang mempunyai nilai tinggi jatuh air yang rendah dengan rentang ketinggian 1-15 m serta kemiringan poros turbin yang berada di antara 30°-60° [4]. *Head* yang rendah tersebut memungkinkan turbin *screw* dimanfaatkan pada aliran-aliran air yang kecil seperti pada irigasi atau Sungai-sungai di pedesaan. Selain *head* rendah turbin ini dipilih karena perawatan mudah, tidak perlu *draft tube*, dan *fish friendly* [5]. Turbin ulir sangat bisa dimanfaatkan di daerah daerah yang terpencil yang banyak terdapat aliran sungai dan cukup efisien digunakan sebagai pembangkit listrik beskala kecil[6].

Menurut penelitian terdahulu, kemiringan sudut turbin yang paling efektif adalah 32 derajat. Banyak parameter, termasuk kemiringan turbin, jarak pitch antara blade, jumlah blade, dan jumlah sudu turbin ulir, memengaruhi kinerja turbin ulir [7]. Beberapa peneliti juga menjelaskan bahwa nilai optimal efisiensi turbin ulir diperoleh pada sudut 20°-25° dengan nilai efisiensi sebesar 90% [8].

Berdasarkan potensi diatas penulis melakukan penilitian terkait dengan pengaruh kemiringan sudut turbin *single blade* sebagai langkah untuk untuk mengoptimalkan potensi yang ada. Penelitian ini dilakukan berdasarkan tinjauan langsung ke tempat yang berpotensi digunakan sebagai PLTMH. Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan variasi sudut kemiringan turbin dan menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mengetahui besar efisiensi dan daya listrik yang dihasilkan.



Gambar 1. Posisi Turbin *Archimides screw* (turbin ulir); (a) sudut turbin ulir 0°; (b) sudut turbin ulir 40°; dan (c) sudut turbin ulir 90° [9]

2. Metodologi

Penelitian ini akan menggunakan dua metode penelitian yaitu kajian teoritik dan simulasi CFD. Penelitian ini mengunakan desain sudut ulir 22° dan 26° dengan sudut turbin 20°, 25°, dan 30°. Berdasarkan sudut tersebut dihasilkan rancangan desain turbin dengan menggunakan kajian teoritik berdasarkan nilai debit aliran irigasi 3.43 m^3/s dan *head* aliran 2.5m. Berdasarkan data tersebut kemudian dihasilkan desain dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter desain *blade* sudut ulir 22°

	20°	25°	30°
$R_o\ (m)$	0.724	0.724	0.724
$R_i\ (m)$	0.217	0.217	0.217
L (m)	7,3	5,9	5
S	0.866	0.866	0.726
Z	**7**	7	7

Tabel 2. Parameter desain *blade* sudut ulir 26°

	20°	25°	30°
$R_o\ (m)$	0.759	0.759	0.759
$R_i\ (m)$	0.227	0.227	0.227
L (m)	7,3	5,9	5
S	0.910	0.910	0.758
Z	**7**	7	7

Rumus/Persamaan Matematika

1. Daya aliran (daya hidrolis)
   Daya aliran merupakan daya yang dihasilkan dari besarnya aliran fluida[10].

$$P_H = \rho.g.H.Q \quad (1)$$

Keterangan:

P_H = Daya aliran (W)

Q = Debit (m^3/s)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

H = Head (m)

2. Perhitungan dimensi turbin
   Perhitungan dimensi turbin merupakan suatu langkah dalam proses pembuatan turbin ulir. Pembuatan desain turbin memerlukan beberapa parameter yang dapat dicari menggunakaan beebrapa persaman di bawah [11].

$$Q = k \times n \times Ro^3 \quad (2)$$

Keterangan:

Q= Debit (m^3/s)

k = Konstanta

n = Putaran turbin ulir (rpm)

Ro=Diameter turbin (m)

Tabel 3. Nilai konstanta [11]

R_i/R_o	22°			26°			30°
	1.0 R_o	1.2 R_o	0.8 R_o	1.0 R_o	1.2 R_o	0.8 R_o	1.0 R_o
0.3	0.331	0.335	0.274	0,287	0.286	0.246	0.245
0.4	0.35	0.378	0.285	0.317	0.323	0.262	0.271
0.5	0.345	0.38	0.281	0.317	0.343	0.319	0.287
0.6	0.315	0.351	--	0.3	0.327	--	0.273

Keterangan :

R_i/R_o = Perbandingan diameter poros turbin terhadap diameter sudu turbin (22°, 26° dan 30° merupakan sudut ulir turbin)

jika sudut *head* $\leq$ 30°, maka S = 1.2 R_o

jika sudut *head* = 30°, maka S = 1.0 R_o

jika sudut *head* $\geq$ 30°, maka S = 0.8 R_o

S = *Pitch* turbin (m)

Tabel 4. Nilai putaran turbin (RPM)

Indikator	RPM (*Radian per minute*)
Pelan	20-23
Sedang	25-26
Cepat.	29-31

a. Diameter turbin (Ro)

$$R_o{}^3 = \frac{Q}{k \times n} \quad (3)$$

$$R_o = \sqrt[3]{\frac{Q}{k \times n}}$$

Keterangan:

Q = Debit (m^3/s)

k = Konstanta

n = Putaran turbin ulir (rpm)

b. Panjang turbin

$$\sin\theta = \frac{H}{L} \quad (4)$$

Keteragan :

θ : Sudut turbin (°)

H : Tinggi jatuh air (m)

L : Panjang turbin (m)

c. *Pitch* Turbin

Pitch turbin merupakan jarak antar ulir pada turbin ulir. *Pitch* ini besarnya tergntung dengan sudut turbin yang akan digunakan. *Pitch* ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

jika sudut *head* $\leq 30°$, maka S = 1.2 R_o

jika sudut *head* $= 30°$, maka S = 1.0 R_o

jika sudut *head* $\geq 30°$, maka S = 0.8 R_o

d. Jumlah Ulir

$$Z = \frac{L}{S} \quad (5)$$

Keterangan :

Z = Jumlah ulir

L = Panjang turbin (m)

S = *Pitch* turbin (m)

3. Efisiensi putaran turbin (η_t)

$$\eta_t = \left(\frac{2.\alpha+1}{2.\alpha+2}\right) x \left(1 - \frac{0{,}01125.R_o{}^2}{Q}\right) \quad (6)$$

Keterangan :

α = Sudut ulir

4. Daya *out* turbin

Pengukuran daya turbin dilakukan dengan persamaan matematis dibawah ini [12]:

$$P = \rho \times g \times H \times Q \times \eta_t \quad (7)$$

Keterangan :

P_{Out} = Daya aliran (W)

Q = Debit (m^3/s)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

H = Head (m)

η_t = efisiensi

5. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin adalah kemampuan yang dimiliki turbin untuk menghasilkan energi dari perubahan energi kinetik dalam air menjadi bentuk energi listrik yang dapat disebarkan ke Masyarakat. Berikut persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi turbin [13].

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_H} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

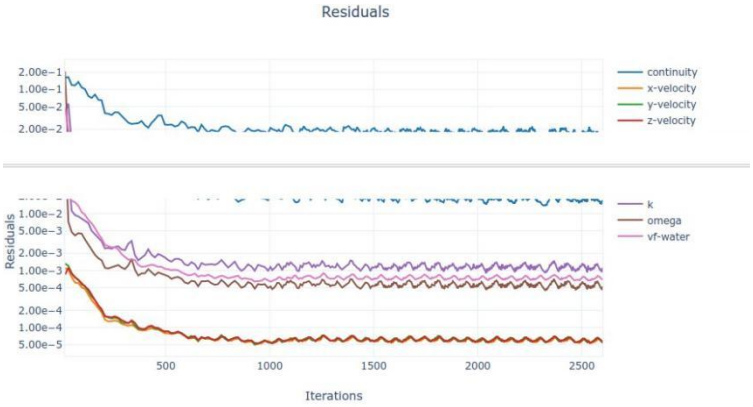
η = Efisiensi turbin

P_{out} = Daya keluar turbin (W)

P_H = Daya hidrolis (W)

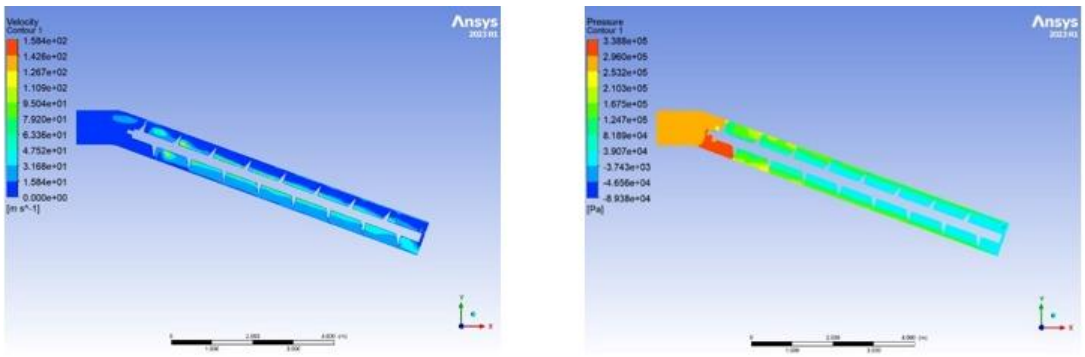
3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan alur simulasi CFD menggunakan *software* ANSYS hasil simulasi diperoleh setelah melakukan proses *setup* untuk mengatur jenis aliran dan memasukkan parameter yang digunakan untuk simulasi yang kemudian dilakukan *running* atau *calculation.*. Penelitian ini menggunakan *setting fluida multiphasa* dengan jenis aliran *steady state* dan menggunakan jenis turbulent K-Omega SST.



Gambar 2. Grafik Residual

Setelah dilakukan proses *setup* sampai *solution* pada proses simulasi ansys *fluent*, maka akan tahap selanjutnya yaitu result. Tahap *result* ini merupakan tahap untuk melihat hasil dari simulasi yang dilakukan berupa gambar *countur* dari kecepatan dan tekanan. Gambar 3 dan 4 dibawah merupakan gambar *countur velocity* dan *presure* dari simulasi tubin ulir dengan sudut ulir 22° dengan sudut turbin 20°.



(a) (b)

Gambar 3. (a) Kecepatan aliran pada sudu turbin; (b) Tekanan aliran ada sudu turbin

Pada Gambar 3 menunjukkan adanya kenaikan kecepatan aliran fluida yang melalui rotor turbin. Kenaikkan kecepatan aliran ini menjadikan tekanan terhadap turbin semakin kecil. Pernyataan ini sesuai dengan prinsip bernouli dimana kenaikan keceatan fluida akan mengakibatkan tekanan fluida akan berkurang. Dari simulasi *Ansys* yang dilakukan menghasilkan nilai debit aliran yang kemudian digunakan untuk mencari nilai daya turbin dengan menggunakan persamaan (6) dan (7).

Tabel 5. Nilai variabel hasil simulasi sudut ulir 22°

Sudut turbin	Laju aliran (m^3/s)	Kecepatan aliran (m/s)	Tekanan (Pa)
20	3.32	20.07	25410
25	3.33	19.70	25040
30	3.34	18.46	10920

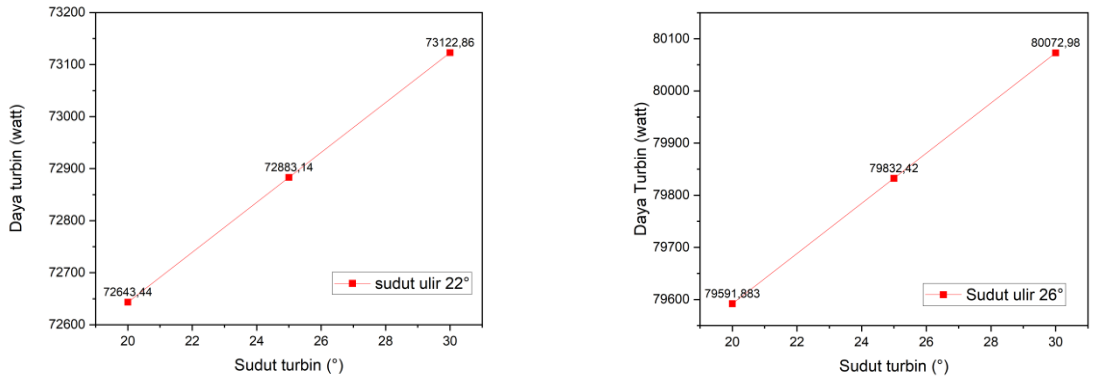
Tabel 6. Nilai variabel hasil simulasi sudut ulir 26°

Sudut turbin	Laju aliran (m^3/s)	Kecepatan aliran (m/s)	Tekanan (Pa)
20	3.04	20.49	37970
25	3.05	14.4	21690
30	3.06	12.4	18350

Tabel 7. Nilai daya dan efisiensi

Sudut ulir	Sudut turbin	Daya mekanik (watt)	Efisiensi (%)
22°	20°	72643,44	86,52%
	25°	72883,14	86,81%
	30°	73122,86	87,47%
26°	20°	79591,883	94,8%
	25°	79832,42	95.09%
	30°	80072.98	95,37%

Pada Tabel 7 menampilkan nilai hasil perhitungan daya *output*, dan efisiensi turbin yang telah disimulasikan. Dari tabel diatas akan diperoleh grafik efisiensi dan daya *output* turbin untuk memudahkan dalam pembacaan hasil simulasi yang telah dilakukan.

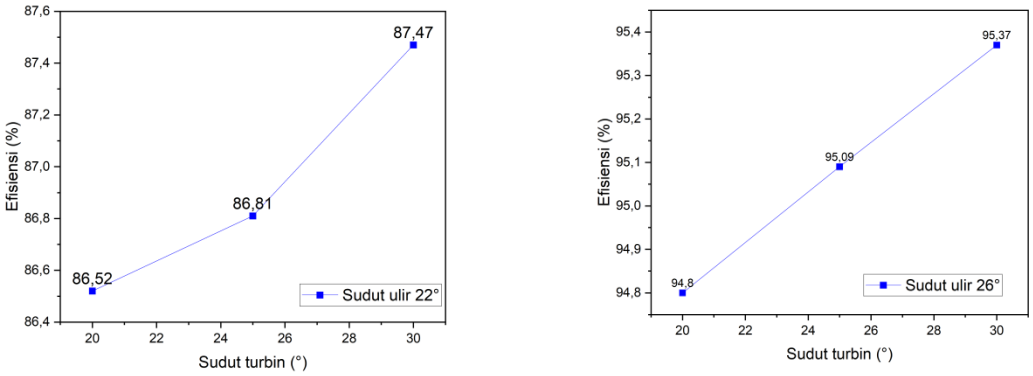


(a) (b)

Gambar 4. (a) Grafik daya *output* turbin sudut ulir 22°; (b) Grafik Daya *output* turbin sudut ulir 26°

Berdasarkan Gambar 4, grafik nilai daya *output* turbin diketahui bahwa pada sudut ulir 26° memiliki daya *output* turbin tertinggi pada sudut poros turbin 30° dengan nilai daya *output* yang dihasilkan sebesar 80072.98 watt dan nilai daya *output* terendah pada sudut 20° dengan nilai daya *output* sebesar 79591.883 watt. sedangkan pada sudut ulir 22° memiliki daya *output* tertinggi pada sudut poros 30° dengan nilai daya *outputi* yang dihasilkan sebesar 73122,86 watt sedengan untuk daya terendah terdapat pada sudut 20° dengan nilai daya *output* sebesar 72643.44 watt. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya [14] yang menyatakan bahwa semakin besar kemiringan sudut *head* turbin akan menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar. Penelitian ini melakukan penelitian dengan mengubah sudut poros turbin dari 10° sampai ke 50° dan didapat hasil paling tinggi terdapat pada sudut 50° dengan daya yang dihasilkan sebesar 28.9 watt. Menurut penelitian [15] juga mendapatkan hasil bahwa besar daya tertinggi diperoleh pada sudut 30° dengan daya yang dihasilkan sebesar 10.77 watt dan sesuai

dengan penelitian ini. Hasil daya *output* tersebut kemudian dicari nilai efisiensi turbin yang disajikan pada Gambar 5 berikut.



(a) (b)

Gambar 5. (a) Grafik efisiensi turbin sudut 22°; (b) Grafik fisiensi turbin sudut ulir 26°

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa sudut turbin paling efektif didapat pada sudut ulir 26° dengan sudut turbin 30° dengan nilai efisiensi sebesar 95,37%. Namun, pada sudut ulir 22° dan sudut *head* turbin 20° memiliki nilai efisiensi terendah yaitu sebesar 86.52%. Hasil data efisiensi di atas menunjukkan bahwa semakin besar daya output turbin, semakin besar nilai efisiensi, tanpa menghitung kerugian aliran [9]. Hal ini terjadi karena besar efisiensi turbin akan sebanding dengan besar daya *output* atau daya turbin yang dihasilkan dari putaran turbin.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai tertinggi didapatkan oleh desain turbin pada sudut ulir 26° dengan sudut turbin 30°, dengan nilai efisiensi 95,37%, dan daya sebesar 80072.98 Watt. Sedangkan untuk efisiensi terendah terdapat pada desain turbin sudut ulir 22° dengan sudut turbin 20° dengan nilai efisiensi 86,52%, dan daya sebesar sebesar 72643,44 Watt. Nilai efisiensi tersebut dipengaruhi oleh besar daya *output* turbin yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

[1] [BPS] Badan Pusat Statistik, "Berita resmi statistik," *Bps.Go.Id*, no. 27, pp. 1–52, 2019, [Online]. Available: https://papua.bps.go.id/pressrelease/2018/05/07/336/indeks-pembangunan-manusia-provinsi-papua-tahun-2017.html

[2] M. W. Nur Karim, M. Widyartono, A. C. Hermawan, and subuh I. Haryudo, "Kajian kemiringan blade dan head turbin archimedes screw terhadap daya keluaran generator AC 1 Phase 3 kW," *J. Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/37410?articlesBySameAuthorPage=5

[3] M. Abdulkadir, "Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Ulir," *Kurvatek*, vol. 2, no. 1, pp. 65–72, 2018, doi: 10.33579/krvtk.v2i1.555.

[4] A. Nurdin and D. A. Himawanto, "Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 783–796, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i2.2340.

[5] A. D. Nugroho, "Kajian Teoritik Pengaruh Geometri Dan Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Turbin Archimedes Screw," *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 3, 2017, doi: 10.28989/senatik.v3i0.130.

[6] H. B. Lamesgin and A. N. Ali, "Optimization of screw turbine design parameters to improve the power output and efficiency of micro-hydropower generation," *Cogent Eng.*, vol. 11, no. 1, p., 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2327906.

[7] Z. Anwar, R. Siahaan, D. Ratnawati, and H. Azwan, "Pengaruh satu dan dua sudu terhadap kinerja turbin archimedes screw The effect of single and double blade on archimedes screw turbine performance," vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2023.

[8] K. Kashyap, R. Thakur, S. Kumar, and Rajkumar, "Identification of archimedes screw turbine for efficient conversion of traditional water mills (gharats) into micro hydro-power stations in Western Himalayan Regions of India: An experimental analysis," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 10, no. 3, pp. 1451–1463, 2020, doi: 10.20508/ijrer.v10i3.11176.g8020.

[9] I. P. Juliana, A. I. Weking, and L. Jasa, "Pengaruh Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir Terhadap

Daya Putar Turbin Ulir Dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 393, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i03.p14.

[10] I. Aftahul, "Rancang Bangun Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Head Rendah," *J. Tek. Mesin*, vol. 20, no. 2, pp. 19–19, 2022, [Online]. Available: file:///C:/Users/USER/Downloads/21981-Article Text-67420-1-10-20220822.pdf

[11] E. Saefudin, T. Kristyadi, M. Rifki, and S. Arifin, "Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 1, no. 3, pp. 233–244, 2018, doi: 10.26760/jrh.v1i3.1775.

[12] Z. Anwar, B. S. Parsaroan, and E. Sunarso, "Rancangan Bangun Turbin Mikrohidro Tipe Archimedes Screw Dengan Kapasitas Daya 560 Watt," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 4, no. 1, p. 29, 2021, doi: 10.33087/jepca.v4i1.43.

[13] M. J. Situmorang, I. Hermawan, and M. Idris, "Analisis Kinerja Turbin Ulir Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Variasi Sudut Kemiringan Poros," *J. Teknovasi*, vol. 09, no. 1122, pp. 91–102, 2022.

[14] N. A. Shalahuddin, D. A. Himawanto, and P. J. Widodo, "Pengaruh kemiringan poros sudu terhadap unjuk kerja turbin ulir archimedes pikohidro," vol. 15, no. 2, pp. 1–4, 2020.

[15] 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, 2022, doi: 10.21776/ub.jrm.2022.013.01.25.