

**PERANCANGAN DAN SIMULASI TURBIN AIR TIPE ULIR
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO:
STUDI KASUS PADA SALURAN IIRIGASI PROGO-MANGGIS**

Muhammad Syauqi Firdaus¹⁾, Kun Suharno²⁾, Rany Puspita Dewi³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Email: svauqifirdaus49@gmail.com, kunsuharnoteknikmesin@gmail.com,
ranypuspita@untidar.ac.id

ABSTRAK

Potensi Energi Air dari saluran irigasi Progo-Manggis untuk dijadikan PLTMH belum dimanfaatkan secara optimal. Sehingga pada penelitian ini akan membahas beberapa parameter turbin ulir dengan variasi sudut 30° dan 35° dengan melakukan simulasi menggunakan metode CFD pada *software ANSYS* supaya menghasilkan daya dan efisiensi yang optimal. Untuk mensimulasikan turbin air jenis ulir, penelitian ini membandingkan beberapa parameter turbin berupa panjang turbin dan sudut turbin agar mendapat kondisi yang optimum. Data pengukuran luas penampang, debit, dan tinggi jatuh air pada saluran irigasi digunakan untuk mendesain turbin ulir. Parameter turbin ulir kemudian dibuat menggunakan *software solidworks*. Hasil simulasi didapat bahwa *contour velocity* dan *contour pressure* pada tiap variasi sudut kemiringan menunjukkan kenaikan tidak jauh berbeda. Menggunakan kecepatan putar 26 rpm mendapatkan hasil daya dan efisiensi terbesar pada sudut turbin 35° dengan hasil daya 97,770 kW dan efisiensi 99,170%. sehingga variasi sudut 35° merupakan desain paling tepat untuk diterapkan di saluran irigasi Progo-Manggis.

Kata Kunci: Energi air, PLTMH, CFD, ANSYS, Solidworks

ABSTRACT

Potential water energy from Progo-Manggis irrigation canal to be used as PLTMH has not been utilized optimally. This research will discuss several screw turbine parameters with angle of 30° and 35° by simulating using the CFD method in the ANSYS software in order to produce optimal power and efficiency. To simulate a water screw turbine, this study compared several turbine parameters such as turbine length and turbine angle to obtain optimum conditions. Measurement data of cross sectional area, discharge, and height water fall in irrigation canals are used to design screw turbine. The parameters of screw turbine are generated using solidworks software. The simulation result show the contour velocity and contour pressure at each variation of the slope angle show an increase that not much different. Using a rotational speed 26 rpm gets the greatest power and efficiency result at a turbine angle of 35° with power output of 97,770 kW and an efficiency of 99,170%. So that the angle variation of 35° is the most appropriate design to be applied in the Progo-Manggis irrigation canal.

Keywords: Water energy, PLTMH, CFD, ANSYS, Solidworks

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber energi dari minyak bumi dan batu bara meningkat sepanjang waktu, sedangkan pemanfaatan energi terbarukan yang belum memadai. Hal ini disebabkan karena kebutuhan manusia seiring berjalannya waktu makin bertambah. Inilah yang menyebabkan banyak Negara melakukan penelitian tentang pusat pembangkit energi terbarukan (Bahri, 2016). Kajian energi terbarukan merupakan penelitian yang sangat tepat dikembangkan untuk mengatasi kelangkaan energi. Di Indonesia sumber energi air sangat berpotensi sebagai pembangkit, mengingat di Indonesia memiliki kekayaan hutan dan sungai yang sangat banyak. Solusi yang tepat untuk permasalahan kelangkaan energi adalah menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Juliana *et al.*, 2018). Mikrohidro adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan aliran air, tinggi terjunan, dan jumlah debit air (Heryanti, 2020).

Salah satu komponen terpenting dalam Pembangkit Listrik Mikrohidro adalah turbin. Banyak jenis turbin yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, salah satunya adalah turbin Archimedes *screw* atau disebut juga turbin ulir. Beberapa variabel seperti sudut

kemiringan turbin, jumlah sudu, tingkat rendaman, dan *pitch ratio* pada turbin ulir telah diteliti oleh sejumlah peneliti. Untuk mendapatkan besar sudut kemiringan turbin bisa digunakan dengan beberapa persamaan dan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Dengan menggunakan simulasi CFD disimpulkan bahwa torsi akan naik seiring peningkatan *pitch ratio*. Sedangkan torsi mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah sudu (Nurdin, 2018).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suliaman *et al.* (2020), dengan simulasi CFD besarnya sudut poros pada kondisi optimum sebesar sudut 35° yang menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu 81,4% dengan laju aliran 1,12 l/s. dimana menghasilkan energi sebesar 25,13 watt. selain itu peningkatan jumlah sudu meningkatkan torsi dan efisiensi turbin (Suliaman *et al.*, 2020). Tujuan penelitian ini membahas kelayakan PLTMH di saluran irigasi Progo-Manggis yang memiliki prospek terjunan sebagai PLTMH. Dalam pelaksanaannya diharapkan turbin bisa menggerakkan generator dan menghasilkan daya yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Juliana (2018) pada penelitiannya tentang pengaruh sudut kemiringan head turbin ulir terhadap daya putar dan daya

output untuk mendapatkan output maksimum dari PLTMH model *screw* sudah dilakukan dengan beberapa kriteria seperti penelitian pada pemodelan *prototipe* PLTMH menggunakan turbin ulir Archimedes dengan membandingkan pengaruh sudut kemiringan *head* turbin ulir terhadap daya putar dan daya output pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan mengabaikan penggunaan variabel variasi sudut ulir.

Saroinsong (2017) penelitiannya yang berjudul desain pembuatan turbin ulir Archimedes untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa desain dan pembuatan turbin ulir Archimedes skala laboratorium adalah model turbin ulir Archimedes dibuat menggunakan material flexyglass bentuk geometrinya tiga sudu, sudu ulir 30° jumlah lilitan 21, rasio radius 0,54 dengan jarak kisar $2,4 R_o$.

Saputra (2019) pada penelitiannya tentang eksperimental pengaruh variasi sudut ulir pada turbin ulir pusat Pembangkit listrik Tenaga Mikrohidro dengan *head* rendah menjelaskan beberapa variabel seperti sudut kemiringan turbin, jumlah sudu, tingkat rendaman dan *pitch ratio* pada turbin ulir Archimedes telah diteliti oleh sejumlah peneliti. Beberapa parameter tadi mempengaruhi kinerja turbin ulir Archimedes. Performa yang terbaik diperoleh pada sudut *blade* 28° dengan

sudut kemiringan sebesar 40° yang menghasilkan daya sebesar 10,8 watt dan torsi sebesar 0,33 Nm. Efisiensi turbin yang dihasilkan dengan sudut *blade* 28° hanya sebesar 11,6%.

Menurut I gede (2018) pada penelitiannya tentang turbin ulir terhadap tekanan air menjelaskan bahwa tekanan air berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan. Semakin besar tekanan yang diberikan, gaya dorong dari aliran air akan semakin besar dan kecepatan air yang keluar dari pipa pesat semakin meningkat sehingga daya hidrolis akan semakin besar.

2.2. Rumus Perhitungan

Rumus perhitungan parameter turbin ulir sebagai berikut :

- a) Diameter *screw* turbin ulir

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k \cdot n}} \quad (2.1)$$

- b) Diameter poros turbin ulir

$$\frac{d}{D} = 0,4 \quad (2.2)$$

- c) Panjang turbin

$$\sin 30^\circ = \frac{H}{L} \quad \sin 35^\circ = \frac{H}{L} \quad (2.3)$$

- d) *Pitch* turbin

$$\begin{array}{l} \text{Sudut } 30^\circ \quad \text{Sudut } 35^\circ \\ S = 1,0 \times 0,8 \quad S = 0,8 \times 0,8 \end{array} \quad (2.4)$$

- e) Jumlah ulir

$$\begin{array}{l} \text{Sudut } 30^\circ \quad \text{Sudut } 35^\circ \end{array}$$

$$Z = \frac{L}{s} \quad Z = \frac{L}{s} \quad (2.5)$$

f) Efisiensi turbin ulir

$$\eta = \left(\frac{2 \cdot \alpha + 1}{2 \cdot \alpha + 2} \right) \times \left(1 - \frac{0,01125 \cdot D^2}{Q} \right) \quad (2.6)$$

g) Daya turbin ulir

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (2.7)$$

Dimana:

- D = diameter turbin (m)
- Q = debit air (m^3/s)
- K = konstanta ulir
- n = putaran turbin (rpm)
- d = diameter poros turbin (m)
- H = head air (m)
- L = Panjang turbin (m)
- S = pitch turbin (m)
- Z = jumlah ulir
- η = efisiensi turbin (%)
- α = sudut turbin ($^\circ$)
- P = tekanan yang dihasilkan (N/m^2)
- ρ = massa jenis air (kg/m^3)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahap Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi :

1. Studi literatur tentang perancangan turbin air tipe ulir.

2. Persiapan alat dan bahan (komputer, data parameter turbin ulir, *Software ANSYS* dan *Solidworks*).
3. Proses perancangan desain turbin ulir.
4. Simulasi turbin ulir.
5. Analisis dan pembahasan.

3.2. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 sampai dengan Januari 2023 Perancangan desain turbin ulir dilakukan di Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar, Magelang. Simulasi turbin ulir dilaksanakan di Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah :

- 1) Panjang turbin 6 m dan 5 m, sudut kemiringan turbin 30° , dan 35° , pitch turbin, dan jumlah ulir.
- 2) Hasil simulasi ANSYS berupa daya dan efisiensi.
- 3) Data ketinggian dan debit saluran irigasi untuk menentukan parameter turbin.

3.4. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer berasal dari hasil pengukuran secara langsung dan hasil wawancara bersama ahli. Sedangkan, data sekunder

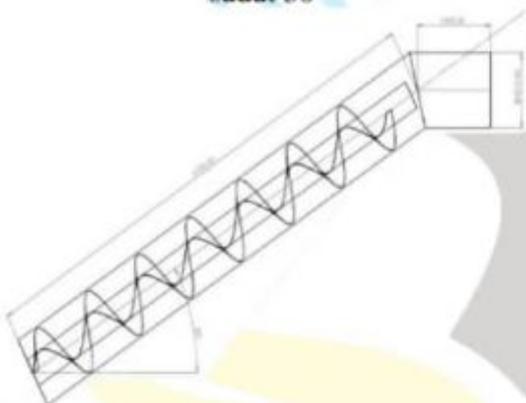
berasal dari buku, jurnal ilmiah publikasi dan sumber lain yang berkaitan dengan penelitian dan kemudian dijadikan sebagai acuan dalam perancangan turbin ulir.

4. Hasil dan Pembahasan

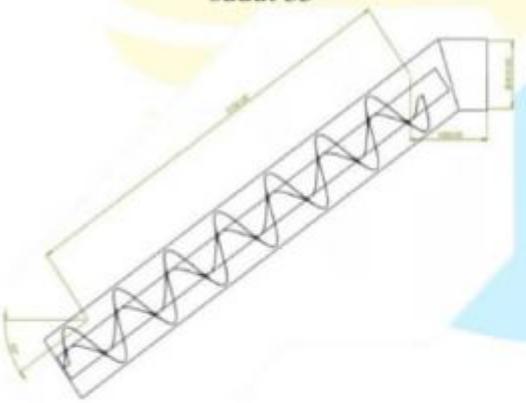
4.1 Hasil Perancangan Bilah

Hasil dari perancangan geometri turbin ulir dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

Gambar 4.1. Desain turbin ulir variasi sudut 30°



Gambar 4.2. Desain turbin ulir variasi sudut 35°

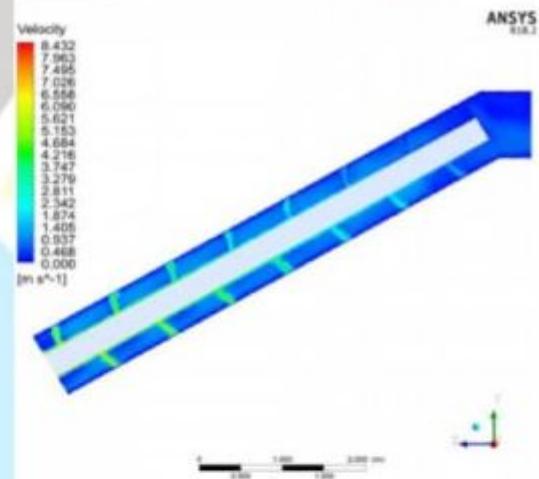


Geometri turbin ulir yang dirancang mempunyai 2 variasi yaitu, sudut kemiringan turbin 30° dan sudut kemiringan turbin 35° . Perancangan didasarkan pada persamaan-persamaan teoritis untuk memperoleh hasil spesifikasi

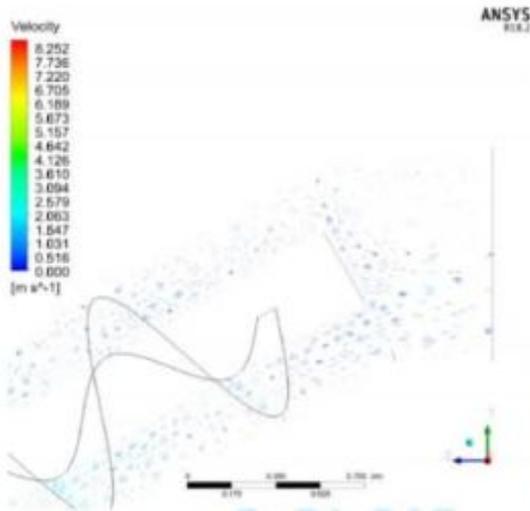
yang digunakan. Perancangan turbin ulir dilakukan menggunakan *software solidworks*.

4.2. Hasil Simulasi Turbin Ulir

Berdasarkan prosedur simulasi menggunakan *software ANSYS* ditujukan untuk melihat perbandingan geometri turbin air tipe ulir mana yang memiliki daya dan efektivitas optimal. Gambar 4.3 menunjukkan hasil *result* berupa *contour velocity* turbin ulir dengan variasi sudut kemiringan 30° . Tampak bahwa *contour velocity* mengalami fluktuasi tidak terlalu tinggi dengan laju aliran fluida sebesar $55,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Gambar 4.4 menunjukkan arah pergerakan *fluida* selama melewati rotor.

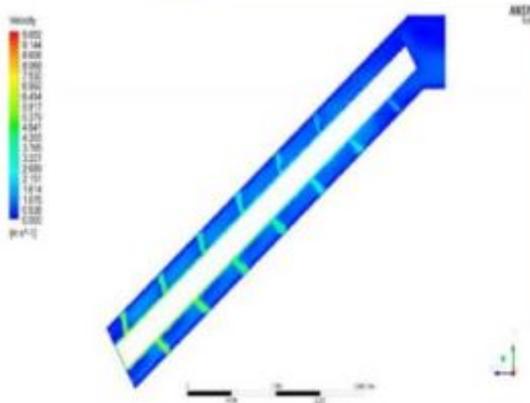


Gambar 4.3 *Contour velocity* turbin sudut 30°

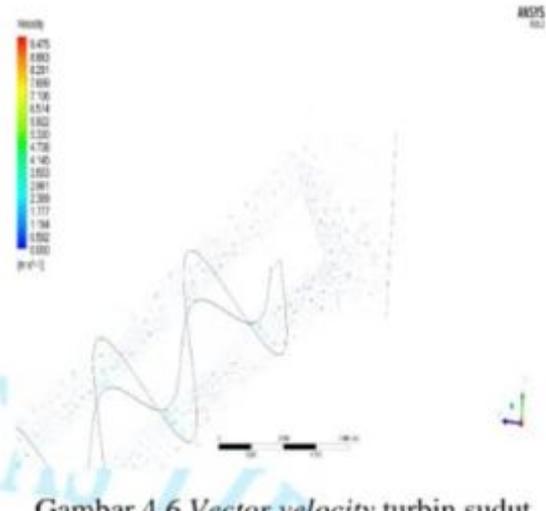


Gambar 4.4 *Vector velocity* turbin sudut 30°

Gambar 4.5 menunjukkan hasil *result* berupa *contour velocity* turbin ulir dengan variasi sudut kemiringan 35°. Sama seperti variasi 30° *contour velocity* mengalami fluktuasi tidak terlalu tinggi dengan laju aliran fluida sebesar 73,45 m³/s. Gambar 4.6 menunjukkan arah pergerakan *fluida* selama melewati rotor.

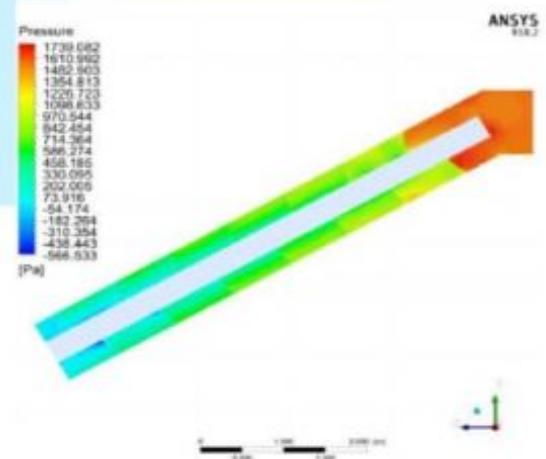


Gambar 4.5 *Contour velocity* turbin sudut 35°



Gambar 4.6 *Vector velocity* turbin sudut 35°

Hasil *result* juga menunjukkan *contour pressure* hasil simulasi turbin ulir. Pada Gambar 4.7 turbin ulir variasi sudut 30° tampak bahwa terjadi penurunan tekanan *fluida* selama melewati rotor turbin. Hal ini terjadi karena *fluida* mengalami kenaikan kecepatan selama melewati rotor. Hal itu sesuai dengan prinsip Bernoulli dimana kecepatan *fluida* yang meningkat akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.



Gambar 4.7 *Contour pressure* turbin sudut 30°

Gambar 4.8 menunjukkan *contour pressure* hasil simulasi turbin ulir variasi sudut 35° . Tampak bahwa terjadi penurunan tekanan *fluida* selama melewati rotor turbin. Hal ini terjadi karena *fluida* mengalami kenaikan kecepatan selama melewati rotor. Hal itu sesuai dengan prinsip Bernoulli dimana kecepatan *fluida* yang meningkat akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.



Gambar 4.8 *Contour pressure* turbin sudut 35°

Dalam perhitungan efisiensi dibutuhkan nilai parameter kinerja turbin dan debit aliran air kemudian dikalikan 100%. Untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6 dan nilai daya pada tiap variasi dihitung menggunakan Persamaan 2.7. Nilai kinerja turbin sepenuhnya bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kinerja turbin ulir pada tiap variasi

Turbin Ulir Variasi Sudut	Laju Aliran (m^3/s)	Pressure (Pa)	Velocity (m/s)
30°	55,05	Inlet 1482,903	Inlet 0,937
		Outlet 73,916	Outlet 6,558
35°	73,45	Inlet 1590,988	Inlet 0,518
		Outlet 84,042	Outlet 7,530

Tabel 4.2 Nilai daya dan efisiensi turbin ulir pada tiap variasi

Variasi Turbin	Daya (watt)	Daya (kW)	Efisiensi (%)
30°	97767,258	97,767	99,167
35°	97770,461	97,770	99,170

Dari Tabel 4.2 nilai efisiensi dan daya tertinggi didapatkan oleh variasi 35° sedangkan efisiensi dan daya terendah didapatkan oleh variasi 30° . Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan sudut kemiringan turbin ulir mempengaruhi kinerja turbin. Karena makin tinggi sudut kemiringan laju aliran serta tekanan pada turbin mengalami peningkatan yang mengakibatkan daya dan efisiensi turbin meningkat tanpa pengaruh dari rugi-rugi

aliran. Sehingga turbin ulir dengan sudut 35° lebih optimal untuk terjunan saluran irigasi di Desa Polosari.

5. SIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian dan merujuk pada hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan dari hasil analisis perhitungan, nilai daya tertinggi didapatkan oleh variasi turbin sudut 35° dengan hasil 97,770 kW dan daya terendah didapatkan oleh variasi turbin sudut 30° dengan hasil 97,767 kW. Nilai efisiensi tertinggi didapatkan oleh variasi turbin sudut 35° dengan hasil 99,170% dan efisiensi terendah didapatkan oleh variasi turbin sudut 35° dengan hasil 99,167%. Sehingga variasi turbin sudut 35° merupakan desain yang paling tepat untuk diterapkan di saluran irigasi Progo-Manggis tepatnya di Desa Polosari.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Bahri. (2016). Merancang dan Mengimplementasi Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Jurusan Teknik Elektro Dan Komputer Universitas Udayana. Universitas Udayana, Bali.
- A.T. Piper, P.J. Rosewarne, R.M. Wright, and P.S. Kemp. (2020). "The impact of an Archimedes screw hydropower turbine on fish migration in a lowland river". *Ecol. Eng.*, vol. 118, no. April 2018, pp. 31-42.
- Anwar, Z., Parsaroan, B.S., & Sunarso, E. (2021). Rancang Bangun Turbin Mikrohidro Tipe Archimedes Screw Dengan Kapasitas Daya 560 Watt. *Journal of Electrical Power Control and Automation*, 29-34.
- Daryl L. Logan. (2017). *A First Course in the Finite Element Method (Sixth Edit)*, Cengage Learning.
- Heryanti, A.D. (2020). Pembelajaran Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Energi dan Keterampilan Berpikir Kreatif Melalui Proyek PLTMH. *Jurnal Wahana Pendidikan*, 77-84.
- Juliana, I. 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*, Vol. 17, No. 3, 393-400.
- Lomax, H., Pulliam, T. H., & Zingg, D. W. (1999). *Fundamentals of Computational Fluid*.
- Nisworo, S., and Pravitasari, D. (2017). Potential Of Irrigation Channel As The New Renewable Energy Source. *IEEE*, 288-291.
- Nurdin, A., and Arie, H.D. (2018, November 2). Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head Rendah. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, Vol. 9 No. 2, 783-796.
- Putra, I.W., Weking, A.I., and Jasa, L. (2018). Analisis Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH

Dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.17, No.3*, 385-392.

Rahmawaty, Dharma, S., Suherman, and Ilmi. (2021). Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Pada Turbi Screw Archimedes Skala Kecil. *Applied Business and Engineering Conference*, 1253-1262.

Rusdiono and Arief, M. (2017). Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Saluran Primer Sinduparaja Kabupaten Majalengka Provinsi Jawa Barat. *Doctoral Dissertation, Universitas Brawijaya*.

Saefudin, E., Kristyadi, T., Rifki, M., and Arifin, S. (2017, Oktober). Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. *Rekayasa Hijau, Vol. 1, No. 3*, 233-244.

Saputra Made Agus Trisna, A.I. (2019, Januari-April). Experimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw). *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 18, No. 1*, 83-90.

Saroinsong Tineke, A.T. (2017). Desain dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *PROSIDING SENTRINOV TAHUN 2017 VOLUME 3 - ISSN: 2477 - 2097*, 159-169.

Shahverdi, K., Loni, R., Ghobadian, B., Monem, M.J., Gohari, S., Marofi, S., and Najafi, G. (2019). Energy

harvesting using solar ORC system and Archimedes Screw Turbine (AST) combination with different refrigerant working fluids. *Energy Conversation and Management, 187(January)*, 205-220. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.057>.

Suliaman, O., Khalil, W.H., and Kamel, A.H. (2020). Numerical and Experimental Modeling of Small Hydropower Turbine. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(20), 2244-2250.

T. Mirzan Syahputra, dkk. (2017). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro Dengan Menggunakan Turbin Ulir. Universitas Syah Kuala, Banda Aceh.

Versteeg, H. K. (2007). *Pengaruh Perubahan Panjang Pitch Terhadap Kavitas Menggunakan Metode CFD*.