

## Rancangan Bangun Turbin Mikrohidro Tipe *Archimedes Screw* Dengan Kapasitas Daya 560 Watt

Zainuri Anwar<sup>1</sup>, Beta Saud Parsaroan<sup>1</sup>, Edi Sunarso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi

\*Corresponding author, e-mail: zzainurianwar@gmail.com

**Abstrak.** Kinerja sebuah turbin mikrohidro dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu proses perancangan dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter desain yang tepat untuk pembuatan turbin ulir (*screw*). Rancangan difokuskan pada dimensi sudu dan jarak *pitch* turbin *screw*. Perhitungan dilakukan menggunakan beberapa formulasi ketetapan turbin ulir. Hasil desain menunjukkan bahwa diameter sudu dan jarak *pitch* turbin yang optimum masing – masing berkisar 0,213 m dan 0,312 m pada debit air masuk turbin 0,2 m<sup>3</sup>/s dan daya keluaran poros turbin 563,3 Watt. Pengujian turbin *screw* hasil rancangan dilakukan di aliran sungai Perumahan Puri Kedaton Desa Pematang Gajah Rt 13 provinsi Jambi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya turbin tertinggi terjadi pada pembebanan poros 30 kg dengan daya keluaran turbin sebesar 445 Watt dan efisiensi 78,9%.

**Kata Kunci:** Turbin *screw*; Daya; dan Efisiensi

**Abstract.** The performance of a micro-hydro turbine was influenced by several factors, namely the design and the environmental. This study aims to obtain the appropriate design parameters for the manufacture of screw turbines. This research was focused on blade dimensions and turbine screw pitch distance. The calculations were performed using several screw turbine fixing formulations. The design results show that the optimum blade diameter and turbine pitch range are 0.213 m and 0.312 m at 0.2 m<sup>3</sup> / s of turbine inlet water flow and 563.3 Watt turbine shaft output power. The turbine screw test results of the design were carried out in the river flow of Puri Kedaton Housing, Pematang Gajah Village, Rt 13, Jambi Province. The test results show that the highest turbine power occurs at 30 kg shaft loading with a turbine output power of 445 Watts and an efficiency of 78.9%.

**Keywords:** Screw turbine; Power; and Efficiency

### PENDAHULUAN

Konsumsi energi fosil yang semakin besar membuat ketersediaan akan energi fosil di Indonesia khususnya di provinsi Jambi semakin lama semakin habis. Hal ini mendorong beberapa peneliti untuk beralih ke energi terbarukan yang ramah lingkungan. Kondisi ini diperkuat dengan Peraturan Daerah 2019 tentang pengelolaan energi daerah dengan mempertimbangkan potensi energi daerah, kebutuhan dan penyediaan energi dengan meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT).

Perkembangan energi terbarukan di provinsi Jambi masih tergolong sedikit, salah satu upaya untuk meningkatkan EBT tersebut adalah dengan memanfaatkan potensi aliran sungai sebagai sumber energi potensial Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) [1]. Daerah aliran sungai (DAS) di provinsi jambi berpotensi menghasilkan energi listrik melalui pembangkit mikrohidro. Menurut survei diketahui bahwa aliran daerah aliran sekitar sungai batanghari memiliki kecepatan aliran dan debit yang berpotensi untuk aplikasi PLTMH jenis turbin *screw* [2].

Turbin *Archimedes screw* merupakan salah satu jenis turbin yang memiliki efisiensi tinggi yang dapat beroperasi pada head rendah dan juga pada debit air yang besar [3] [4]. Turbin ini pertama kali ditemukan oleh ilmuwan yang bernama *Archimedes*. Turbin *Archimedes screw* mempunyai sudu yang membentuk helix disekitar poros silinder dan ditutup dengan cover semi melingkar

[5], sehingga ekosistem yang berada di sungai seperti ikan tidak terganggu ketika melewati sudu turbin [6]. Daya output yang dihasilkan dari turbin *screw* tergantung pada geometri turbin. Terdapat dua parameter yang mempengaruhi geometri yaitu parameter eksternal seperti panjang turbin, radius luar, dan kemiringan, serta parameter internal seperti jari – jari sudu, jumlah dan jarak sudu [7][8][9].

Dari permasalahan diatas dibutuhkan beberapa parameter rancangan yang optimal sehingga efisiensi turbin *screw* menjadi meningkat.

a) . Daya hidrolis.

Daya yang dihasilkan turbin bergantung dengan energi yang masuk ke turbin, sehingga dalam perancangan turbin ulir perlu diketahui daya hidrolis dengan persamaan [10]:

$$P_{air} = \rho g Q H$$

Dimana :  $P_{air}$  = Daya hidrolis air (watt)

$$\rho = \text{Massa jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{Debit air (m}^3\text{/s)}$$

$$H = \text{Ketinggian (m)}$$

b) Dimensi turbin *screw*

Efisiensi turbin *screw* yang optimum didapatkan dengan mempertimbangkan dimensi turbin dan bahan – bahan yang digunakan dalam proses manufaktur. Penentuan dimensi ini ditinjau dari nilai efisiensi tertinggi turbin yang dapat dilihat pada table optimasi turbin *screw* yaitu:

**Tabel 1.** Optimasi turbin screw

Perbandingan diameter d/D	0,3
Sudut ulir ( $\alpha$ )	30
Sudut turbin ( $\alpha$ )	30

1. Dimensi diameter scew

Dari persamaan Archimedes screw [7] diperoleh dimensi ulir :

$$Q = k.n.D^3$$

Dimana : Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

k = Konstanta turbin

n = Putaran turbin (rpm)

D<sup>3</sup>= Diameter sudu (m)

Dimana nilai konstanta ulir didapat dari table konstanta ulir dan putaran turbin dipilih dari table putaran oprasi turbin screw. putaran turbin screw untuk katagori fast berkisar antara 29-31 rpm.

**Tabel 2.** Nilai Konstanta Ulir [7]

d/D	26°			30°	
	0,8D	1,0D	1,2D	0,8D	1,0D
0,3	0,274	0,287	0,286	0,246	0,245
0,4	0,285	0,317	0,323	0,262	0,271
0,5	0,281	0,317	0,343	0,319	0,287
0,6		0,3	0,327		0,273

d/D merupakan perbandingan diameter poros turbin terhadap diameter sudu turbin. Jika sudut ulir 30° maka jarak pitch turbin (S) = 1,2D. sehingga diameter sudu turbin diperoleh:

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k.n}}$$

2. Dimensi diameter poros turbin

Untuk perbandingan diameter poros turbin terhadap poros sudu telah ditentukan yaitu :

$$\frac{d}{D} = 0,3$$

3. Dimensi panjang turbin

Panjang turbin didapat dari sudut poros turbin dan tinggi jatuh air, sehingga didapat persamaan:

$$L = \sqrt{H^2 + a^2}$$

Dimana : L = Panjang turbin (m)

H = Ketinggian (m)

a = Panjang alas turbin (m)

4. Pitch turbin

Untuk menentukan pitch turbin terlebih dahulu menetapkan sudut turbin [7].

Jika sudut turbin  $\leq 30^\circ$  maka S = 1,2 D

Jika sudut turbin = 30° maka S = 1,0 D

Jika sudut turbin  $\geq 30^\circ$  maka S = 0,8 D

5. Jumlah ulir

$$Z = \frac{L}{S}$$

Dimana : Z = Jumlah ulir

L = Panjang turbin (m)

S = Jarak pitch (m)

6. Effisiensi turbin

$$\eta = \left( \frac{2.\alpha + 1}{2.\alpha + 2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{0,1125.D^2}{Q} \right)$$

Dimana :  $\alpha = \frac{h_0}{\Delta h}$

$$\Delta h = X \sin \theta$$

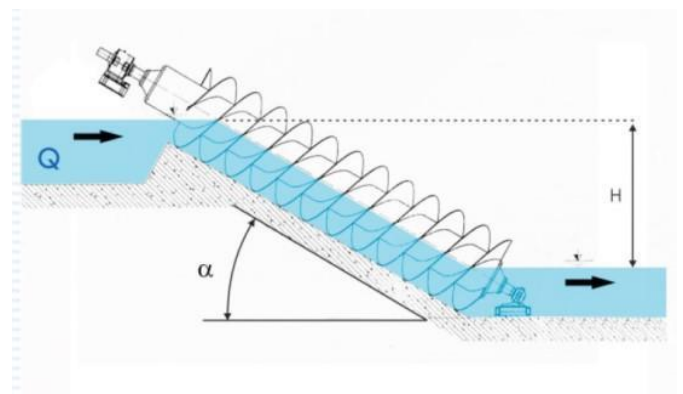
$$X = \frac{1}{N}$$

N = Jumlah ulir

**METODE**

a) Sekema perancangan turbin

Pada proses perancangan turbin screw terlebih dahulu membuat sekema gambar untuk mempermudah alur perancangan turbin.



**Gambar 1.** Sekema perancangan turbin screw

b) proses perancangan

Proses perancangan diawali dengan survey potensi debit air di sungai desa Pematang Gajah Rt 13 untuk menentukan daya rencana turbin screw, sehingga dapat diketahui daya hidrolis dengan persamaan:

$$P = \rho g Q H$$

1. perancangan dimensi screw

screw dihitung berdasarkan daya turbin dan debit air yang telah direncanakan.

2. Perancangan dimensi panjang turbin

Panjang turbin screw didapat dari ketinggian head dan kemiringan turbin screw yang dipilih berdasarkan table optimasi turbin. Pada penelitian ini dipilih sudut turbin 30° dengan perbandingan diameter poros terhadap sudu 0,3.

3. Perancangan jumlah sudu ulir turbin

Jumlah sudu ulir dirancang berdasarkan panjang turbin yang sudah diketahui yang dibandingkan terhadap jarak pitch turbin. Pitch turbin dipilih 1,2 D

4. Perancangan transmisi dan cover turbin

Perancangan transmisi terkait dengan spesifikasi generator yang dipakai, sehingga dalam pemilihan diameter pulley yang digunakan dapat disesuaikan. Sedangkan untuk cover dari screw turbin menyesuaikan dari diameter screw dan bahan material yang akan dipakai.

c) Proses pembuatan

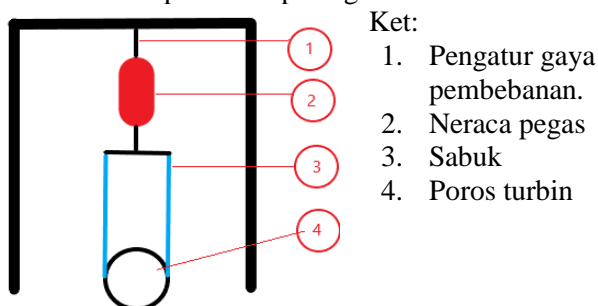
Pembuatan prototype turbin dilakukan di laboratorium teknik mesin Sekolah Tinggi Teknologi

Nasional Jambi. Dimensi komponen turbin dibuat sesuai dengan hasil perancangan. Material sudu turbin, poros dan cover dibuat menggunakan bahan plastik PVC, sedangkan untuk rangka turbin dibuat dari bahan baja holo st 37.

d) Proses pengujian

Pengujian turbin screw dilakukan di aliran sungai Perumahan Puri Kedaton Desa Pematang Gajah Rt 13 provinsi Jambi. Sungai tersebut memiliki kecepatan aliran 2.32 m/s diukur menggunakan metode manual benda apung yang mengalir dan dikonversi menggunakan jarak per waktu tempuh, sedangkan sungai tersebut memiliki lebar berkisar 2m dan kedalaman air 0,3m.

Pengujian daya poros turbin dilakukan dengan mengetahui torsi poros turbin. Torsi diperoleh dengan memberikan gaya pembebanan pada poros menggunakan neraca pegas. Pembebanan poros pada penelitian ini divariasikan 30 kg, 40 kg, dan 50 kg. skema pengujian torsi turbin dapat dilihat pada gambar .

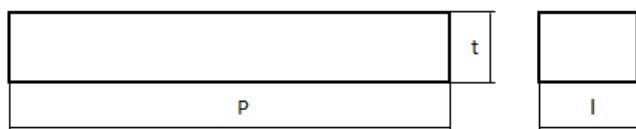


Gambar 2. Skema pengujian torsi

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan daya rencana

Daya potensial air yang tersedia tidak semua dimanfaatkan sebagai sumber energi yang masuk ke turbin untuk menghindari ketika sumber air berkurang pada pergantian musim. Sehingga air yang masuk ke turbin diatur melewati kanal (tunnel) dengan dimensi kanal sbb:



Gambar 3. Dimensi kanal (tunnel)

Dimana diketahui:

- p: 2000 mm
- t : 300 mm
- l : 300 mm

Hasil survey lokasi sungai dimana diketahui kecepatan aliran sungai 2,32 m/s sehingga didapat debit air yang melewati kanal:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 2,32 \frac{m}{s} \times 0,09 m^2$$

$$Q = 0,2 m^3/s$$

Dimana daya hidrolis yang melewati kanal:

$$P_h = \rho g Q H$$

$$= 998 kg/m^3 \cdot 9,8 m/s^2 \cdot 0,2 m^3/s \cdot 0,3m$$

$$= 612,6 Watt.$$

2. Diameter screw

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k \cdot n}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,2 \frac{m^3}{s}}{0,343 \cdot 30rpm}}$$

$$D = 0,26m$$

Nilai konstanta dan putaran turbin diambil dari table 2. Diameter screw dibuat berdasarkan pemilihan diameter cover yang mendekati perhitungan sehingga diameter cover dipilih 10 inch dan jarak antara sudu dan cover 2 cm, maka diameter sudu menjadi 21,54 cm

3. Diameter poros turbin

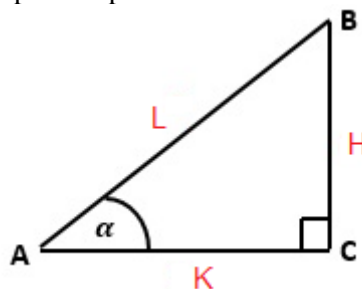
$$\frac{d}{D} = 0,3$$

$$d = 0,26 m \cdot 0,3$$

$$d = 0,078 m$$

4. Panjang turbin

Panjang turbin dihitung berdasarkan tinggi jatuh air (head) dan kemiringan turbin dipilih dari beberapa penelitian sebelumnya yaitu 30 drajat [11], sehingga diperoleh persamaan sbb:.



$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1m}{L}$$

$$L = \frac{1m}{\sin 30^\circ}$$

$$L = 2 m$$

5. Pitch turbin

Pitch turbin dirancang dengan mengambil sebuah ketetapan dari Rores yaitu sudut turbin  $\leq 30^\circ$  dengan jarak pitch  $S=1,2D$

$$S = 1,2 \cdot D$$

$$S = 1,2 \cdot 0,26 m$$

$$S = 0,312 m$$

6. Jumlah ulir

$$Z = \frac{L}{S}$$

$$Z = \frac{2 m}{0,312 m}$$

$$Z = 6,41 = 7 ulir$$

7. Sudut ulir

$$X = \frac{1}{Z} x S$$

$$X = \frac{1}{7} x 0,312$$

$$X = 0,045$$

$$\Delta h = X \cdot \sin 30$$

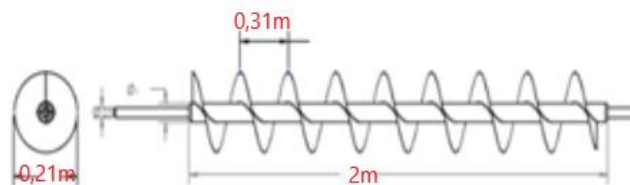
$$\Delta h = 0,0225$$

Sehingga sudut ulir didapat:

$$\alpha = \frac{h_0}{\Delta h}$$

$$\alpha = \frac{0,31}{0,0225}$$

$$\alpha = 13,8$$



Gambar 4. Sudu turbin screw

8. Effisiensi turbin

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

$$\eta = \left( \frac{2 \cdot 13,8 + 1}{2 \cdot 13,8 + 2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{0,01125 \cdot 0,21^2}{0,2} \right)$$

$$\eta = 96 \%$$

9. Daya turbin

Dari hasil perhitungan dimensi turbin screw diatas, dapat diketahui daya turbin yang dihasilkan oleh turbin tersebut yaitu:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

$$= 998 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,2 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,3\text{m} \cdot 96\%$$

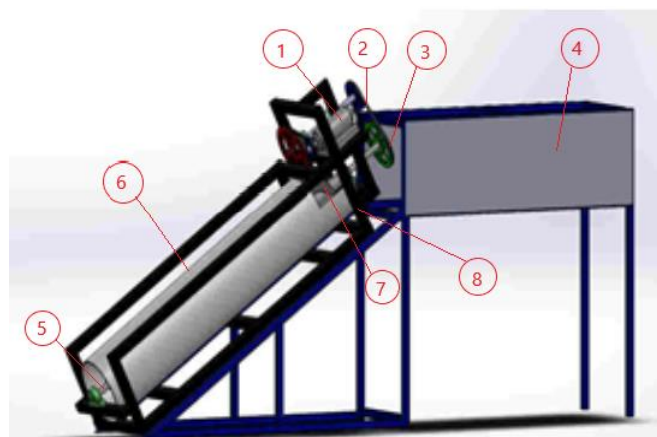
$$= 563,3 \text{ Watt.}$$

10. Data hasil perancangan turbin

Table 3. Hasil perancangan turbin screw

No	Data Rancangan	Ket
1.	Daya Hidrolis	612,6 Watt
2.	Daya Rancangan Turbin	563,3 Watt
3.	Diameter Screw/Ulir	0,213 m
4.	Diameter poros	0,078 m
5.	Panjang Turbin	2 m
6.	Sudut Turbin	30°
7.	Pitch Turbin	0,312 m
8.	Sudut Ulir	13,8°
9.	Jumlah Ulir	7
10.	Effisiensi Rancangan Turbin	96%
11.	Kapasitas Generator	600 Watt
12.	Material Ulir	Plat plastik PVC 0,003m
13.	Diameter Pully	0,12m; 0,19m

Sudu turbin berbentuk ulir (*helix*) dibuat menggunakan bahan plat plastik PVC 0,003m. Hal ini bertujuan untuk menghindari korosi yang diakibatkan oleh reaksi oksidasi dan kavitasi turbin. Selain sudu turbin sebagian komponen turbin juga dibuat menggunakan bahan plastik PVC diantaranya poros dan cover turbin. Dimensi ulir dan panjang turbin disesuaikan dengan hasil rancangan pada tabel 3. Diameter poros dan cover turbin dipilih menyesuaikan bahan yang tersedia di pasaran. Untuk poros menggunakan pipa pvc 2,5 inch dan untuk cover turbin menggunakan pipa pvc 10 inch. Hasil desain turbin keseluruhan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Turbin screw 3D model

Keterangan gambar:

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. Generator      | 5. Poros turbin  |
| 2. Sabuk (V-Belt) | 6. Cover         |
| 3. Pully          | 7. Sudu turbin   |
| 4. Tunnel         | 8. Rangka turbin |

11. Pengujian turbin screw

Pengujian turbin *screw* dilakukan di sungai Perumahan Puri Kedaton Desa Pematang Gajah Rt 13 provinsi Jambi.



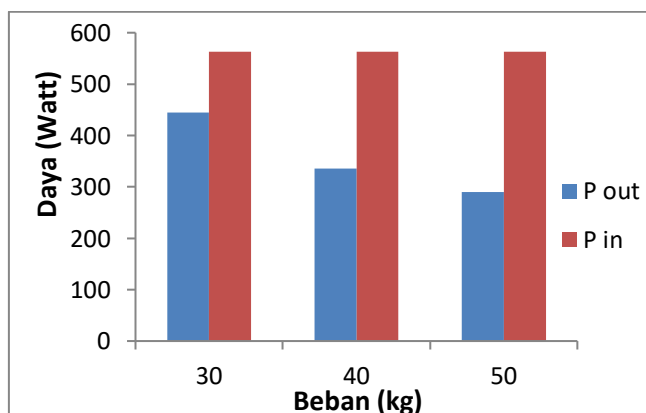
Gambar 4. Pengujian turbin screw

Pengujian dilakukan pada kondisi kecepatan air yang melewati kanal 2,3 m/s dan debit air 0,2 m<sup>3</sup>/s. Turbin dipasang pada kemiringan 30 derajat dengan memvariasikan beban putaran poros turbin 30 kg, 40 kg, 50 kg. Beban diatur dengan menggunakan neraca pegas digital yang dikaitkan dengan poros menggunakan sabuk. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh torsi dan daya poros turbin sbb:

Tabel 4. Hasil pengujian turbin screw

Beban (kg)	F (N)	Putaran (rpm)	Torsi (N.m)	Daya turbin (Watt)	Effisiensi (%)
30	294,3	1165	3,73	445	78,9
40	392,4	654	4,91	336	59,6
50	490,5	452	6,13	290	51,5

Torsi dihasilkan dari gaya fluida yang mendorong sudu-sudu turbin dan diteruskan ke poros turbin. Tabel 4 menunjukkan bahwa torsi terbesar terjadi pada kondisi pembebanan 50 kg. pada kondisi ini daya mekanik turbin mengalami peningkatan, akan tetapi putaran turbin mengalami penurunan.



Gambar 6. Grafik beban vs Daya

Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya mekanik turbin pada kondisi pembebanan 30 kg berkisar 445 Watt dengan daya masuk turbin rata-rata berkisar 563 Watt, sehingga diperoleh efisiensi tertinggi 78,9 %. Nilai ini dibawah dari nilai efisiensi perancangan yaitu 96 %. melebihi beberapa penelitian sebelumnya seperti penelitian yang dilakukan oleh Encu dkk, Igede dkk yang menghasilkan efisiensi turbin dibawah 20% [12]

[13]. Kondisi ini menunjukkan bahwa hampir semua energi potensial air dapat diubah menjadi daya mekanik turbin. Selain itu cover turbin yang tertutup membuat fluida tidak keluar ketika mendorong sudu-sudu turbin pada kondisi kemiringan turbin berkisar 30°. Matrial turbin yang ringan juga mempengaruhi kinerja turbin tersebut sehingga gaya dorong fluida dapat diteruskan ke poros turbin dengan maksimal tanpa ada pengurangan pembebanan dari matrial turbin.

## SIMPULAN

Kinerja dari sebuah turbin screw tergantung dari desain awal dan pembuatan. Perancangan disesuaikan dengan kondisi aliran sungai yang akan dipasang turbin. Beberapa parameter yang mempengaruhi kinerja turbin diantaranya dimensi sudu turbin, jarak pitch, panjang turbin, kemiringan turbin, dan matrial yang digunakan dalam pembuatan turbin. Penentuan dimensi diameter sudu turbin screw berdasarkan formulasi Roes menghasilkan dimensi optimum untuk debit air 0,2 m<sup>3</sup>/s berkisar 0,213 m dan jarak pitch 0,312 m.

Bahan plastic PVC yang digunakan pada pembuatan turbin mempunyai keunggulan yaitu lebih ringan dan terhindar korosi, akan tetapi bahan ini tidak bisa diaplikasikan untuk daya turbin sekala besar karena rentan terjadi defleksi yang berlebihan sehingga gaya dorong fluida tidak bisa sepenuhnya diterima sudu turbin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Matalata, "Listrik mikro hidro berdasarkan Potensi debit andalan sungai batanghari kota jambi," vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2018.
- [2] F. E. Yandra and S. U. Djufri, "Studi Awal Pemanfaatan Turbin Screw pada Aliran Sungai Kecil di Kota Jambi," vol. 2, no. 1, pp. 29-32, 2019.
- [3] B. Moshfegh, "World Renewable Energy Congress – Sweden Editor," 2011.
- [4] A. Lashofer *et al.*, "State of technology and design guidelines for the Archimedes screw turbine," no. March 2016, 2012.
- [5] P. Taylor, G. Müller, and J. Senior, "Simplified theory of Archimedean screws Théorie simplifiée de la vis d' Archimède," no. December 2014, pp. 37-41, 2010.
- [6] A. T. Piper, P. J. Rosewarne, R. M. Wright, and P. S. Kemp, "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, 2020.
- [7] C. Rorres, "The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw," *J. Hydraul. Eng.*, pp. 72-80, 2000.
- [8] A. Nurdin, P. Magister, J. T. Mesin, U. S. Maret, J. T. Mesin, and U. S. Maret, "Kajian Teoritis Uji Kerja Turbin Archimedes Screw Pada Head

- Rendah,” vol. 9, no. 2, pp. 783–796, 2018.
- [9] D. Adanta and M. H. G. Syafei, “Development of Archimedes Turbine Research : Review Article,” pp. 177–181, 2017.
- [10] J. M. C. Cengel, Yunus A., *Fluid Mechanics*, 4th ed. McGraw-Hill. New York. USA, 2018.
- [11] Amir, “Kemiringan Optimum Model Turbin Ulir 2 Blade,” *J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Tangerang*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [12] E. Saefudin, T. Kristyadi, M. Rifki, and S. Arifin, “Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan,” vol. I, no. 3, pp. 233–244, 2017.
- [13] I. G. W. Putra, “View of Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw.pdf,” vol. 17, no. 3, 2018.

### ***Biodata Penulis***

#### **Author 1,**

Nama : Zainuri Anwar  
TTL : Bngkinang, 16-08-1991  
Alamat : Perum Cipta Bumi Mendalo, Rt 12, Desa Sungai Duren.  
Pekerjaan : Dosen  
Institusi : STITEKNAS Jambi  
Hp : 085274685551