

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN R_o DAN R_i
PADA TURBIN ULIR ARCHIMEDES SARWAN****Zulkifli Saleh¹, Wiwin A Oktaviani², Muhammad Yoga Pratama³***zulkiffli-saleh64@gmail.com**win.oktaviani1973@gmail.com**mochyogapratama99@hotmail.com*Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang^{1&2}
Universitas Muhammadiyah Palembang³**Abstrak**

Fokus penelitian ini diarahkan pada analisis pengaruh perubahan diameter dalam rotor (R_i) dan diameter luar rotor (R_o) terhadap daya yang dihasilkan sistem PLTMH untuk menentukan kondisi optimal kerja sistem. Salah satu parameter signifikan pada PLTMH berbasis turbin ulir Archimedes adalah besaran R_o dan R_i , perubahan nilai tersebut akan berpengaruh pada daya keluaran sistem. Dari hasil pengukuran dan perhitungan data yang dilakukan pada PLTMH Sarwan didapatkan kecepatan aliran air maksimum sebesar 7,7112 m/dt dan kecepatan aliran air minimum sebesar 2,7463 m/dt, dan R_i optimal sebesar 0,56 m dengan daya terbangkitkan sebesar 4,098 kW

Kata Kunci : *PLTMH, turbin ulir Archimedes, R_o dan R_i optimal, diameter turbin***1. PENDAHULUAN**

Seiring meningkatnya perkembangan kebutuhan manusia maka kebutuhan energi semakin meningkat. Sejalan dengan kebutuhan energi semakin meningkat maka sumber energi yang ada semakin menipis dan perlu dilakukan usaha untuk menghindari ketergantungan pemanfaatan sumber energi yang telah menipis tersebut. Salah satu solusinya adalah dengan memanfaatkan energi baru dan terbarukan. Potensi Sumber Energi Setempat (SES) berupa energi air sebenarnya besar namun pemanfaatannya cenderung belum maksimal. Berdasarkan fenomena tersebut, maka pemanfaatan SES dapat dikembangkan untuk memenuhi energi listrik di daerah yang belum mendapat sumber energi listrik dari PLN seperti pada daerah pedesaan, yang biasanya terdapat aliran sungai yang mengalir yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) (Anggara & Irvani, 2017).

PLTMH adalah pembangkit listrik yang menghasilkan daya kurang dari 100 kW dengan menggunakan kapasitas air yang mengalir sebagai sumber energi penggerak. Pengambilan data aliran air dilakukan pada kondisi aliran berada pada titik paling rendah untuk dapat memprediksi kapasitas aliran pada kondisi puncak. Kapasitas air yang mengalir ke turbin berasal dari aliran sungai yang diambil sebagian dan kemudian dikembalikan lagi ke sungai, dari ketinggian air tertentu dan debit air yang dibutuhkan akan menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang bisa diubah menjadi daya listrik (Dwiyanto, K, & Tugiono, 2016).

Terapan pembangkitan skala PLTMH melalui aplikasi turbin ulir Archimedes ditinjau pada perubahan diameter dalam rotor (R_i) dan diameter luar rotor (R_o) dan pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan. Kemampuan optimal sistem dibentuk dalam kurva karakteristik turbin untuk menentukan kondisi optimal kerja sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan R_i dan R_o terhadap daya yang dihasilkan turbin Archimedes di Dusun Sarwan untuk menentukan kondisi optimal kerja sistem.

Luaran penelitian ini diarahkan pada besaran daya pembangkitan yang dapat dimanfaatkan untuk konsumen pada daerah terpencil di Sarwan. Adapun ruang lingkup penelitian berkisar pada optimalisasi R_i dan R_o pada turbin ulir Archimedes.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan kapasitas air sebagai kekuatan pendorong turbinnya, misalnya terjunan air dengan memanfaatkan ketinggian titik jatuh air (*head*) dan jumlah debit air maupun tekanan air yang terbentuk terhadap turbin agar menghasilkan energi mekanik (Saputra, Weking, & Jasa, 2017).

a. Prinsip kerja PLTMH

Prinsip pengoperasian PLTMH adalah dengan memanfaatkan tinggi jatuh air terjun dan jumlah debit air sehingga mampu menggerakkan turbin yang akan menghasilkan energi putaran. Air mengalir dari bendungan atau embung yang telah dibuat lalu diteruskan ke saluran pembawa sampai air masuk ke pipa pesat dimana air akan disalurkan ke turbin, sehingga poros turbin yang berputar yang selanjutnya akan memutar generator dan menghasilkan energi listrik (Wiranata, Janardana, & Wijaya, 2020).

b. Persamaan-persamaan PLTMH

Berikut ini persamaan PLTMH untuk menentukan besaran daya yang tersedia, kapasitas debit air, tinggi jatuh air, dan efisiensi (Apriani, Saleh, Dillah, & Sofian, 2020):

1. Daya yang tersedia dan efisiensi

Persamaan untuk memprediksi potensi besar daya yang dihasilkan oleh PLTMH.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

- P = daya nyata (Watt)
- ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/dt²)
- Q = besarnya debit air (m³/dt)
- h = besarnya tinggi terjun air (m)

efisiensi diperoleh dengan persamaan,

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan,

- η = efisiensi (%)
- P_{Out} = daya *output*/keluaran (Watt)
- P_{in} = daya *Input*/masukan (Watt)

2. Kapasitas debit air

Untuk mengetahui debit dapat diukur menggunakan *stopwatch* dan pelampung dititik tertentu, dan dapat dihitung melalui persamaan berikut,

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3)$$

dengan,

- Q = debit (m³/dt)
- A = luas penampang (m²)
- V = kecepatan (m/dt)

c. Persamaan-persamaan untuk simulasi daya yang dihasilkan oleh perubahan R_i dan R_o pada turbin ulir Archimedes. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari R_o dan R_i yang telah ditentukan (Borah, Chowdhury, Gogoi, & Askary, 2016).

1. Volume maximum air pada 1 putaran turbin

$$V_{Tmax} = \pi \cdot R_o^2 \cdot P \dots\dots\dots(4)$$

dengan,

- $\pi = 3,14$
- $R_o = \text{diameter } outer$
- $P = \text{jarak antar } pitch$

2. Volume keseluruhan turbin pada 1 putaran turbin

$$V_c = ((R_o^2 - R_i^2) \cdot L) / N \dots\dots\dots(5)$$

dengan,

- $\pi = 3,14$
- $R_o = \text{diameter } outer$
- $R_i = \text{diameter } inner$
- $L = \text{panjang poros turbin}$
- $N = \text{jumlah } pitch$

3. Volume dalam 1 *pitch*

$$V_b = V_T / N \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

- $N = \text{jumlah } pitch$

4. Rasio antara R_i dan R_o

$$p = R_i / R_o \dots\dots\dots(7)$$

dengan,

- $R_o = \text{diameter } outer$
- $R_i = \text{diameter } inner$

5. Rasio *pitch*

$$\lambda = (K \cdot P) / (2 \cdot \pi \cdot R_o^2) \dots\dots\dots(8)$$

dengan,

- $R_o = \text{diameter } outer$
- $\pi = 3,14$
- $K = \text{sudut kemiringan}$
- $P = \text{jarak antar } pitch$

6. Rasio volume

$$\theta = \frac{V_T}{\pi} \cdot R_o^2 \cdot P \dots\dots\dots(9)$$

dengan,

- $R_o = \text{diameter } outer$
- $\pi = 3,14$
- $P = \text{jarak antar } pitch$

7. Dari analisis dimensi bisa diketahui bahwa θ bergantung pada nilai N , p , dan λ . Jadi θ bisa ditulis $\theta(N \cdot p \cdot \lambda)$. Daru persamaan 1, 4, 5 dan 6, V_T bisa dinyatakan dengan persamaan:

$$V_T = (2 \cdot \pi \cdot R_o^3 / K) \cdot \theta \cdot (N \cdot p \cdot \lambda) \dots\dots\dots(10)$$

dengan,

- $R_o = \text{diameter } outer$
- $\pi = 3,14$
- $K = \text{sudut kemiringan}$
- $N = \text{jumlah } pitch$
- $p = \text{rasio antara } R_i \text{ dan } R_o$
- $\lambda = \text{rasio } pitch$
- $\theta = \text{rasio volume}$

8. Dari persamaan 4, 5, dan 6, nilai optimal pada R_i , P dan V_T bisa ditentukan dengan,

$$R_i^* = P^* \cdot R_o \dots\dots\dots(11)$$

dengan,

- R_o = diameter *outer*
- p = rasio antara R_i dan R_o

9. P optimum

$$P^* = (2 \cdot \pi \cdot R_o \cdot \lambda) / K \dots\dots\dots(12)$$

dengan,

- R_o = diameter *outer*
- π = 3,14
- K = sudut kemiringan
- λ = rasio *pitch*

10. V_T optimum

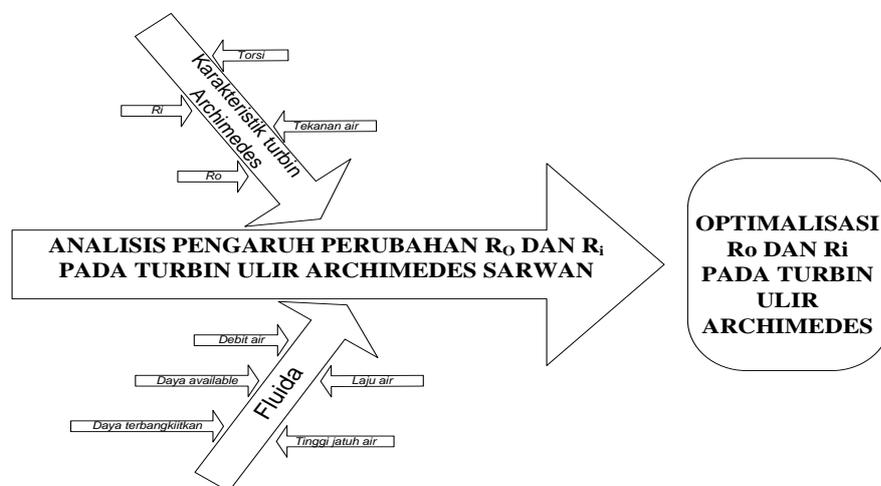
$$V_T^* = ((2 \cdot \pi \cdot R_o^3) / K) \lambda^* \cdot \theta(N \cdot P^* \cdot \lambda^*) \dots\dots\dots(13)$$

dengan,

- R_o = diameter *outer*
- π = 3,14
- K = sudut kemiringan
- N = jumlah *pitch*
- p = rasio antara R_i dan R_o
- λ = rasio *pitch*
- θ = rasio volume
- V_T^* = Laju aliran / Q

11. Nilai dari daya yang terbangkitkan turbin bisa didapatkan dengan menghitung menggunakan persamaan (1) menggunakan Q yang didapat dari volume efektif pada turbin yang berfokus pada perubahan R_i sehingga didapatkanlah daya yang terbangkitkan berdasarkan perubahan R_i .

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Fishbone

Data yang dibutuhkan dalam penyelesaian penelitian ini adalah data tentang debit air, kecepatan aliran air, tinggi jatuh air, daya yang terbangkitkan, daya *available*, tekanan air, torsi turbin, R_i dan R_o .

Menganalisis data yang telah dikumpulkan dan menerapkan atau memanfaatkan sumber energi alternatif sebagai pembangkit listrik. Pengambilan data kecepatan aliran air dan perhitungan daya yang tersedia pada sungai di Dusun Sarwan untuk memantau potensi yang digunakan guna memutar turbin Archimedes dan selanjutnya turbin akan memutar generator untuk mengeluarkan daya listrik serta melakukan pengukuran pada turbin untuk di simulasikan menggunakan persamaan untuk menentukan daya yang terbangkitkan.

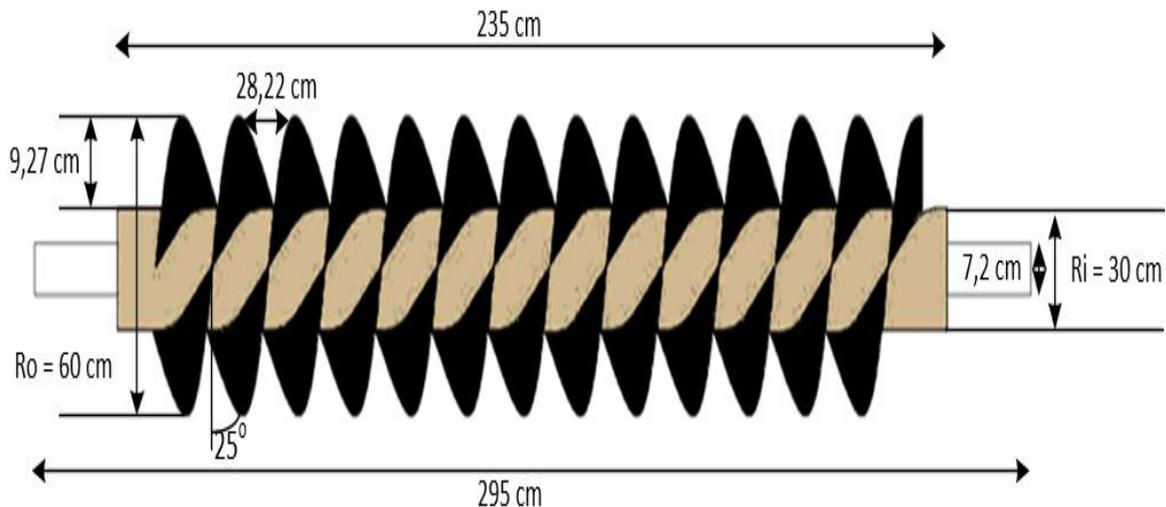
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Daya available

Dengan menggunakan persamaan 3 dapat diketahui berapa daya yang mampu di hasilkan oleh aliran air sungai yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin Archimedes.

$$\begin{aligned}
 P &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/dt}^2 \cdot 0,09535085 \cdot 9,67 \\
 &= 9,045 \text{ kW} \\
 Q &= V \cdot A = 7,96 \cdot 0,01197875 = 0,09535085 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 A &= \text{Kedalaman sungai} \cdot \text{Lebar sungai} \\
 &= 0,185 \cdot 0,06475 = 0,01197875 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

b. Data spesifikasi turbin



Gambar 2. Turbin ulir Archimedes

Data diatas didapatkan dengan mengukur setiap dimensi turbin Archimedes yang dilakukan menggunakan alat pita ukur dan jangka sorong, dibawah ini terdapat spesifikasi turbin yang telah disediakan pada Tabel 1 dimana data turbin ini akan digunakan untuk menghitung daya yang mampu dihasilkan oleh turbin Archimedes.

Tabel 1. Data spesifikasi turbin ulir Archimedes

No	Nama	Jumlah	Satuan	Dimensi
1	Panjang total turbin	1	cm	295
2	Panjang rotor	1	cm	235
3	Diameter <i>inner</i>	1	cm	30
4	Diameter <i>outer</i>	1	cm	60
5	Panjang poros	2	cm	30
6	Panjang <i>casing</i> turbin	1	cm	409
7	Lebar <i>casing</i> turbin	1	cm	42,6
8	Jumlah <i>pitch</i>	7	n	-
9	Tinggi <i>casing</i>	1	cm	53
10	Jarak antar <i>pitch</i>	1	cm	28,22
11	Kemiringan <i>blade</i>	1	derajat	25

c. Simulasi daya yang dihasilkan berdasarkan perubahan R_i dan R_o

Tabel 2. Pengaruh R_i dan R_o terhadap daya yang dihasilkan

Dimensi	Satuan	1	2	3	4	5	6	7
R_o	(m)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
R_i	(m)	0,3	0,34	0,38	0,42	0,46	0,52	0,56
V_{Tmax}	(m^3)	0,318						
V_c	(m^3)	0,284	0,257	0,227	0,193	0,156	0,094	0,048
V_b	(m^3)	0,045						
p	(m)	0,5	0,5666	0,6333	0,7	0,7666	0,8666	0,9333
λ	(m)	0,065						
θ		1						
V_T	(m^3)	0,355	0,402	0,450	0,497	0,545	0,616	0,663
R_i^*	(m)	0,3	0,34	0,38	0,42	0,46	0,52	0,56
P^*	(m)	0,101						
V_T^*	(m^3)	0,0231 4	0,0262 3	0,0293 1	0,0324	0,0354 9	0,0401 2	0,0432
P	(kW)	2,195	2,488	2,7813	3,074	3,366	3,806	4,098

5. PENUTUP

1. Data aliran air yang dihitung menggunakan bahasa pemrograman matlab dengan ordo 25 diperoleh nilai tertinggi kecepatan laju air pada saluran terdapat pada titik V13 = 7,7112 m/dt dan nilai terendah kecepatan laju alir pada saluran terdapat pada titik V614 = 2,7463 m/dt

2. Daya *available* atau daya yang bisa terbangkitkan dari aliran adalah sebesar 9,045 kW
3. Setelah dilakukan perhitungan dengan membandingkan 7 nilai R_i terhadap daya yang di hasilkan didapatkanlah R_i optimal = 0,56 m dan daya yang terbangkitkan sebesar 4,098 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, H., & Irvani, H. (2017). Potensi PLTMH di kecamatan ngantang kabupaten malang jawa timur. *Reka Buana*, 1 - 7.
- Apriani, Y., Saleh, Z., Dillah, R. K., & Sofian, I. M. (2020). Analysis of the Local Energy Potential Connection with Power Plants Based on Archimedes Turbine 10 kW. *Robotics and control*, 162 - 166.
- Borah, S., Chowdury, B., Gogoi, S., & Askary, Z. (2016). A Theoretical Study of Design Parameters of an Archimedean Screw Turbine. *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*, 32-34.
- Dwiyanto, V., K, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Journal Rekayasa Sipil dan Desain*, 407 – 422.
- S, B., B, C., S, G., & Z, A. (2016). A Theoretical Study of Design Parameters of an Archimedean Screw Turbine. *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*, 32-34.
- Saputra, I. B., Weking, A. I., & Jasa, L. (2017). Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Kincir Overshoot Wheel. *Teknologi Elektro*, 48 - 54.
- Wiranata, P. A., Janardana, G. N., & Wijaya, W. A. (2020). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin Cross - Flow. *Spektrum*, 151 - 160.