

Optimasi dan Uji Coba Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro dengan Turbin Archimedes

Yosi Apriani^{1*}, Fadila², Zulkifi Saleh³, Balqis Muthiah Kamilah⁴,
Yusuf Aji Saputra⁵, Abdi Marlizen⁶

1,2,3,4,5 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

*e-mail: yosi_apriani@um-palembang.ac.id

ABSTRAK

Abstrak Desain penelitian ini berfokus pada pengembangan pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan menggunakan turbin Archimedes. Proses desain melibatkan pembuatan dan pembangunan pembangkit listrik tenaga pikohidro, dimulai dengan tinjauan literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan tentang Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPH) dan memahami persiapan yang diperlukan sebelum memulai konstruksi. Pendekatan ini termasuk mengumpulkan data tentang pengoperasian pembangkit listrik tenaga pikohidro. Pada penelitian ini pengukuran yang dilakukan sebanyak 10 kali menghasilkan debit air rata-rata 0,46 m³/dtk, sehingga memungkinkan pembuatan prototipe pikohidro dengan head 1,3 meter, turbin ulir berdiameter 18 cm, tebal sudu 4 mm, jarak antar sudu 10 cm, 1 sudu, 7 lilitan, dan sudut bilah 25°. Kinerja prototipe dinilai dengan memeriksa efek debit air pada putaran turbin dan kecepatan generator. Hasilnya menunjukkan kecepatan putaran turbin sebesar 112,2 RPM dan kecepatan putaran generator sebesar 758,4 RPM, yang mengindikasikan bahwa debit air yang di dapatkan lebih tinggi akan meningkatkan kecepatan turbin dan kecepatan generator.

Kata Kunci: *turbin archimedes, head turbin, diameter turbin, kinerja turbin*

Optimization and Testing of a Pico Hydro Power Plant Prototype with Archimedes Turbine

ABSTRACT

Abstract This research design focuses on the development of a pico hydro power plant using an Archimedes turbine. The design process involves the creation and construction of the pico hydro power plant, starting with a literature review to gather relevant references on Pico Hydro Power Plants (PHP) and to understand the preparations needed before commencing construction. This approach includes collecting data on the operation of the pico hydro power plant. In this study, measurements taken 10 times resulted in an average water flow rate of 0.46 m³/s, allowing for the creation of a pico hydro prototype with a head of 1.3 meters, a screw turbine with a diameter of 18 cm, blade thickness of 4 mm, blade spacing of 10 cm, 1 blade, 7 turns, and a blade angle of 25°. The performance of the prototype is assessed by examining the effect of water flow on turbine speed and generator speed. The results indicate a turbine speed of 112.2 RPM and a generator speed of 758.4 RPM, suggesting that a higher water flow rate will increase both the turbine speed and the generator speed.

Keywords: *Archimedes turbine, turbine head, turbine diameter, turbine performance*

Correspondence author : Yosi Apriani, Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia.

E-Mail: yosi_apriani@um-palembang.ac.id

1. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan energi domestik dan industri, listrik saat ini menjadi sumber energi yang sangat penting dan paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Sumber energi tak terbarukan seperti batubara, gas alam, dan bensin masih dominan dalam produksi listrik. Namun, pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi angin, air, dan matahari perlu ditingkatkan karena saat ini penggunaannya masih relatif rendah. Pembangunan pembangkit listrik tenaga air skala besar memerlukan konstruksi yang kompleks dan dapat menghasilkan daya hingga ribuan kilowatt. Sebagai alternatif, pembangkit listrik pikohidro atau Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPH) merupakan sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil dengan kapasitas produksi kurang dari 1 kilowatt, yang tidak memerlukan perbukitan dan dapat memanfaatkan berbagai irigasi serta aliran sungai dataran rendah. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga picohidro.[1],[2][3]

Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat dan berkelanjutan, penelitian ini menyoroti potensi pemanfaatan sumber daya air kecil melalui pengembangan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Desain penelitian ini berfokus pada penerapan turbin Archimedes sebagai solusi inovatif untuk memanfaatkan aliran air dengan debit yang relatif rendah. Proses desain dimulai dengan tinjauan literatur yang mendalam, yang bertujuan untuk mengumpulkan referensi yang relevan mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPH) serta memahami persiapan yang diperlukan sebelum tahap konstruksi. Penelitian ini tidak hanya melibatkan aspek teoretis, tetapi juga pengumpulan data empiris terkait pengoperasian pembangkit listrik tenaga pikohidro. Melalui pengukuran yang dilakukan, diperoleh debit air rata-rata sebesar 0,46 m³/dtk, yang memungkinkan pembuatan prototipe dengan spesifikasi tertentu. Evaluasi kinerja prototipe dilakukan dengan memeriksa dampak debit air terhadap putaran turbin dan kecepatan generator, yang menunjukkan bahwa peningkatan debit air berkontribusi positif terhadap efisiensi sistem. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan.[4] [5]

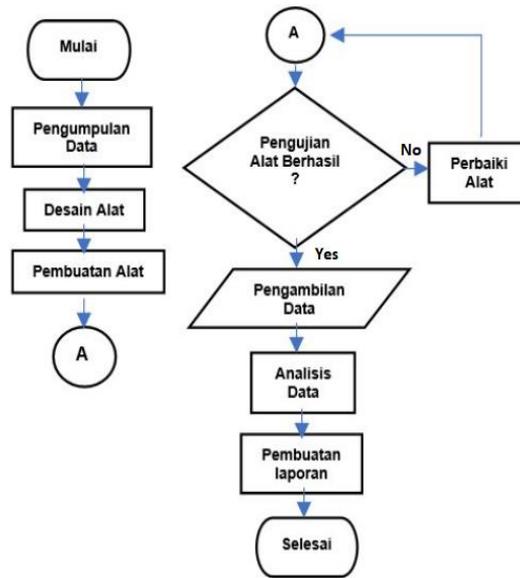
Prinsip konversi energi berisikan tentang Hukum Kekekalan Energi: Energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan, hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Dalam konteks ini, energi potensial air (dari ketinggian) diubah menjadi energi mekanik (putaran turbin), dan selanjutnya menjadi energi listrik melalui generator. Efisiensi turbin dapat dihitung dengan membandingkan energi mekanik yang dihasilkan dengan energi potensial yang tersedia. Faktor-faktor seperti kebisingan, gesekan, dan turbulensi juga perlu diperhitungkan dalam analisis efisiensi.[6],[7],[8]

II. METODE PENELITIAN

Lokasi perancangan dan pembuatan alat dalam penelitian ini dilakukan di Desa Jiwa Baru, Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan Indonesia.

A. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada penelitian ini berfungsi sebagai kerangka berpikir untuk menyelesaikan penelitian dari tahap awal hingga akhir. Diagram ini menggambarkan proses pengambilan data yang akan dilakukan secara sistematis.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

B. Tahapan penelitian

Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan setelah mengumpulkan referensi. Adapun peralatan dan perlengkapan berikut akan digunakan terlihat pada tabel 1 dan tabel 2 berikut ini:

Tabel 1. Alat yang digunakan

Alat	Jumlah,
Alat ukur	Seperlunya
Mesin bor tangan	1 buah
Gerinda	1 buah
Mesin las	1 buah
Tang dan Obeng	Seperlunya
Currentmeter	1 buah
Multimeter Digital	1 buah
Tang ampere	1 buah
Tachometer	1 buah
Pemantik api	1 buah

Tabel 2. Bahan yang di gunakan

Bahan	Jumlah
Generator DC 24 volt	1 buah
Belt dan Puli gear	1 buah
Pipa pvc 2 inci	Seperlunya
Pipa pvc 4 inci	Seperlunya
Tutup pipa 2 inci	1 buah
Tutup pipa ¾ inci	1 buah
Socket overloop 2x¾ inci	1 buah
Lem	Secukupnya

Baut dan mur	Secukupnya
Bearing 10 mm	2 buah
Baut ulir 10 mm	Seperlunya
Besi hollow	Seperlunya
Besi siku	Seperlunya
Fiber Plastik 3 mm	Seperlunya
Cat pilok	3 buah

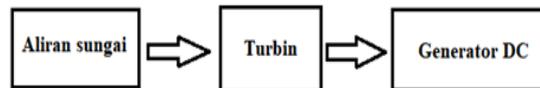
Adapun nameplate Generator DC yang dipakai dalam perancangan PLTPH ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Spesifikasi Generator DC yang digunakan

Tegangan output	24 Volt
Arus	20 A
Putaran	805 Rpm
Daya	500 Watt

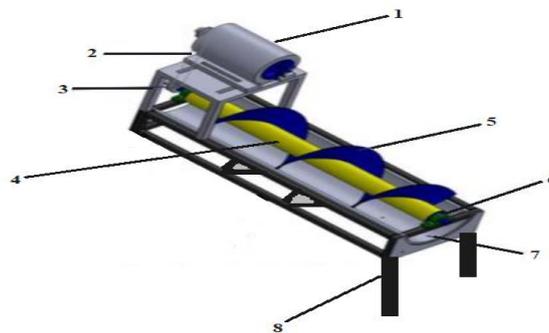
C. Layout dan Perancangan Alat

Berkut ini layout dan perancangan alat yang dibuat yang digambarkan secara umum dimulai dari aliran sungai setelah itu diproses di turbin dan generator DC. Gambaran umum desain alat terlihat pada layout di gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Layout perancangan alat

Proses perancangan pembangkit listrik pikohidro dimulai dan berlanjut hingga semua peralatan dan material yang diperlukan telah dirakit. Gambaran perancangan alat terlihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Perancangan alat

Berikut keterangan gambar perancangan alat diatas

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. Generator DC | 5. Ulir turbin |
| 2. Belt rantai | 6. Bearing |
| 3. Puli gear | 7. Fiber |
| 4. Batang turbin | 8. Kaki turbin |

D. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan dan analisis

Untuk mendapatkan nilai debit air, banyak metode yang bisa dilakukan mulai dari pemakaian bola pingpong, metode bendung (persegi panjang), metode pengenceran garam dan metode yang menggunakan alat current meter. Pada penelitian ini digunakan alat current meter dengan tujuan untuk mendapatkan nilai pengukuran parameter kecepatan aliran yang lebih akurat. Persamaan untuk mencari luas penampang adalah sebagai berikut:

$$A=b \cdot h \quad (1)$$

Dimana : A = Luas penampang (m^2)

b = Lebar penampang (m)

h = Tinggi penampang (m)

Setelah didapat data-data tersebut maka bisa dihitung pula debit air dengan persamaan :

$$Q= V \cdot A \quad (2)$$

Dimana : Q = Debit air (m^3 /detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang aliran(m^2)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro

Berikut adalah hasil pembuatan alat perancangan pembangkit listrik tenaga picohydro menggunakan turbin Archimedes.



Gambar 4. Gambar Prototipe turbin sebelum dipasang turbin Cover atas



Gambar 5. Gambar Prototipe setelah dipasang cover atas

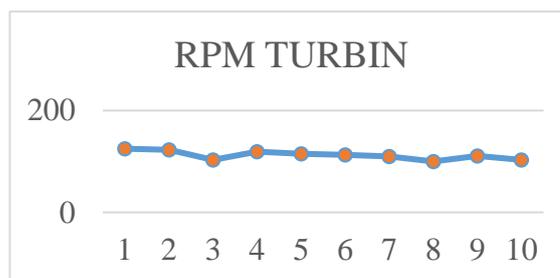
B. Pengaruh Debit Air Terhadap putaran turbin dan generator tanpa beban

Pada pengujian alat dilakukan dengan cara menggunakan alat tachometer dengan nilai yang bervariasi sehingga dapat diketahui pengaruh dari besaran debit air terhadap kecepatan putaran turbin yang terkopel dengan generator.

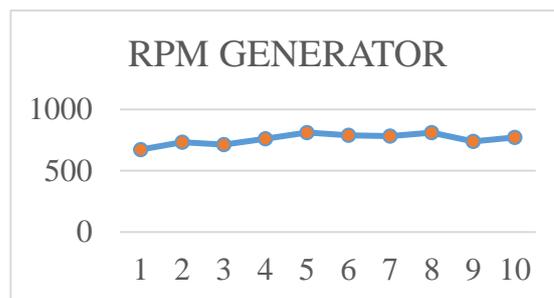
Tabel 4. Pengujian kecepatan putaran turbin Tanpa beban

No	RPM		No	RPM	
	Turbin	Generator		Turbin	Generator
1	125	673	6	113	790
2	123	733	7	110	782
3	103	713	8	100	810
4	119	760	9	111	740
5	115	812	10	103	771
Rata Rata				112,2	758,4

Dari tabel diatas terlihat data yang paling menonjol adalah baris 5, di mana meskipun RPM turbin cukup tinggi (115), RPM generator sangat tinggi (812), menunjukkan efisiensi yang baik dalam konversi energi. Data di baris 1 dan 2 menunjukkan situasi di mana peningkatan RPM turbin tidak diikuti oleh peningkatan yang proporsional pada RPM generator. Secara umum, tampaknya ada kecenderungan di mana RPM generator meningkat seiring dengan peningkatan RPM turbin, meskipun tidak selalu konsisten. Sebagai contoh, data pada baris 1 menunjukkan RPM turbin tertinggi (125) dengan RPM generator terendah (673), sedangkan data pada baris 5 menunjukkan RPM turbin yang lebih rendah (115) dengan RPM generator yang lebih tinggi (812).



Gambar 6. Grafik Pengujian kecepatan putaran turbin tanpa beban



Gambar 7. Grafik Pengujian kecepatan putaran generator tanpa beban

Analisis dari ke dua grafik diatas terlihat pengukuran lebar penampang sungai dilakukan pada 10 titik yang berdekatan, menghasilkan nilai rata-rata sebesar 0,75 m. Untuk tinggi penampang, dilakukan pengukuran pada setiap sisi sebanyak 10 kali, dengan nilai rata-rata diperoleh sebesar 0,178 m. Luas penampang saluran diperoleh sebesar 0,1335 m². Kecepatan aliran diukur sebanyak 10 kali dengan membagi sungai menjadi 4 bagian, masing-masing diukur 3 kali, menghasilkan

rata-rata kecepatan aliran sebesar 3,46 m/s. Dari hasil ini, diperoleh rata-rata debit air sebesar 0,46 m³/s. Berdasarkan data tersebut, dapat dirancang pembangkit listrik tenaga picohydro dengan head 1,3 m dan turbin berukuran diameter 18 cm, jari-jari 9 cm, tebal sudu 4 mm, jarak antar lilitan 10 cm, lebar sudu 10 cm, jumlah sudu 1 buah, jumlah lilitan 7 buah, sudut sudu 25°, diameter poros dalam 26 mm, diameter poros luar 60 mm, panjang poros dalam 110 cm, panjang poros luar 100 cm, dan berat turbin 3,4 kg. Pengaruh debit air terhadap putaran turbin dan generator tanpa beban menunjukkan kecepatan putaran turbin sebesar 112,2 RPM dan kecepatan putaran generator sebesar 758,4 RPM.

C. Pembahasan

Perhitungan lebar penampang sungai dilakukan pada 1 tempat sehingga mendapatkan nilai rata-rata 0,75 m, sedangkan pada tinggi luas penampang rata-rata didapatkan dari pengukuran setiap sisi sebanyak 10 kali lalu mendapatkan nilai 0,178 m.

- Perhitungan Kapasitas Debit Air
Setelah mendapatkan data pengukuran pada luas penampang saluran langkah selanjutnya adalah mencari luas penampang saluran dengan menggunakan persamaan 1:
 $A = 0,75 \times 0,178 = 0,1335\text{m}^2$

Tabel 5. Pengukuran kecepatan aliran

NO	Kecepatan Aliran (m/s)
1	3,49
2	4,74
3	4,96
4	4,46
5	4,84
6	5,27
7	2,44
8	2,31
9	2,3
10	2,17
11	2,18
12	2,38
Total	41,54
Rata-rata	3,46

Kecepatan aliran diukur 10 kali dengan membagi sungai menjadi 4 bagian setiap bagian di ukur 3 kali dan didapatkan nilai rata-rata 3,46 m/det, langkah selanjutnya adalah mencari debit air terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan 2:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 3,46 \times 0,1335 = 0,46 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q = 46 \text{ L/det}$$

- Metode beda hingga menggunakan matlab
Data kecepatan aliran air sungai didapatkan dengan cara menggunakan bantuan alat ukur current meter, sehingga mendapatkan nilai pengukuran yang akurat. Kemudian didapatkan



nilai Va, Vb, Vc, dan Vd. Adapun data pengukuran disajikan pada tabel dibawah ini sebagai berikut:

No	Parameter	Hasil Pegukuran	Hasil Perhitungan Matlab
1	VA	17,65 (m/s)	17,65 (m/s)
2	VB	10,63 (m/s)	10,63 (m/s)
3	VC	9,15 (m/s)	9,15 (m/s)
4	VD	9,03 (m/s)	9,03 (m/s)

Simulasi kecepatan aliran air sungai dihitung menggunakan program aplikasi matlab dengan menggunakan ordo 12 x 12 untuk mengetahui nilai kecepatan aliran terendah dan nilai kecepatan aliran tertinggi diperoleh :

1. Nilai tertinggi kecepatan aliran air pada saluran sungai terdapat pada titik V6 = 16,6366 m/dt.
2. Nilai terendah kecepatan aliran air pada saluran sungai terdapat pada titik V196 = 9,594 m/dt.

Tabel 6. Luas Penampang, Kecepatan aliran dan Debit Air

Kecepatan Aliran	Air tertinggi (m/s)	Kecepatan Aliran	Air terendah (m/s)
V1	14,1807	V183	10,1574
V2	15,581	V184	10,0073
V3	16,2059	V185	9,922
V4	16,4928	V186	9,8649
V5	16,6112	V187	9,8901
V6	16,6366	V188	9,9061
V7	16,605	V189	9,8811
V8	16,5396	V190	9,8147
V9	16,4621	V191	9,728
V10	16,3799	V192	9,814
V11	16,2455	V193	9,8116
V12	15,9375	V194	9,7727
V13	15,2149	V195	9,7131
V14	13,5097	V196	9,5945

Tabel 7. Hasil perhitungan luas penampang, kecepatan aliran dan debit air

No	Luas Penampang (A)	Kecepatan Aliran (V)	Debit (m ³ /s)
1	0,1335	3,49	0,46
2	0,1335	4,74	0,62
3	0,1335	4,96	0,66
4	0,1335	4,46	0,59
5	0,1335	4,84	0,64
6	0,1335	5,27	0,7
7	0,1335	2,44	0,32
8	0,1335	2,31	0,3
9	0,1335	2,3	0,3
10	0,1335	2,17	0,28
11	0,1335	2,18	0,29
12	0,1335	2,38	0,31
Total	1,602	41,54	5,47

Rata-rata	0,1335	3,46	0,46
-----------	--------	------	------

Terdapat hubungan yang positif antara kecepatan aliran dan debit, ketika kecepatan aliran meningkat, debit juga cenderung meningkat. Luas penampang tetap mempengaruhi debit, tetapi variabilitas debit dalam tabel ini lebih disebabkan oleh perubahan kecepatan aliran. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pengukuran kecepatan aliran dalam menentukan debit dalam sistem aliran

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwasanya di dapat hasil nilai dari luas penampang 0,1335 m dan nilai kecepatan aliran 3,46 (m/s) sehingga mendapatkan debit dengan nilai 0,46 m³/s atau 46 L/s untuk dapat membuat prototype pembangkit listrik tenaga air skala picohydro dengan spesifikasi turbin berdiameter 18 cm dan 1 sudu dengan jarak setiap lilitan 10 cm dan menggunakan pulley turbin dengan diameter 0,06 m, pulley generator berdiameter 0,02 m dengan jarak pulley turbin ke generator 0,26 m. maka didapatkan hasil kecepatan putaran turbin 112,2 Rpm dan kecepatan putaran generator 758,4 Rpm. Maka dapat disimpulkan merancang dan membuat pembangkit listrik tenaga picohydro harus mengetahui debit air terlebih dahulu dan semakin besar debit air maka akan semakin besar kecepatan putaran turbin dan generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Molanda, E. Marta, D. Situmorang, E. Lingga, R. Batubara, And R. Sebayang, "Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Turbin Pelton," Vol. 03, No. 02, Pp. 56–61, 2022.
- [2] F. Alif, K. Fayakun, R. Rosalina, E. Roza, And H. Ramza, "Sumber Energi Listrik Berbasis Air Tandon Menggunakan Piko hidro Generator Electrical Energy Source Based Tandon Water By Using Pico Hydro Generator Pendahuluan Energi Listrik Memegang Peranan Yang Sangat Dibutuhkan Dalam Kehidupan Masyarakat," Vol. 1, No. 2, Pp. 75–83, 2023.
- [3] S. I. H. Mahendra Widyartono, Aditya Chandra Hermawan, "Kajian Kemiringan Blade Dan Head Turbin Archimedes Screw Terhadap Daya Keluaran Generator Ac 1 Phase 3 Kw Muhammad Wildan Nur Karim Mahendra Widyartono , Aditya Chandra Hermawan , Subuh Isnur Haryudo Abstrak," Pp. 219–228.
- [4] A. Saepul Uyun And B. Novianto, "Rancang Bangun Low Head Turbin Piko Hidro," Vol. 10, No. 1, 2020.
- [5] M. Sarosa, F. Rahutomo, R. I. Hapsari, U. P. Teknis, And P. N. Malang, "Topik : Teknik Mesin."
- [6] Z. Saputra, M. C. Vanessa, And D. R. Andhika, "Uji Performa Generator Ac 3 Phase Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Skala Laboratorium," Vol. 6, No. 1, Pp. 79–84.
- [7] N. Alipan And N. Yuniarti, "Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro," Vol. 2, No. 2, Pp. 59–70, 2018.
- [8] Ahmad Murtadho Dan Venny Yusiana, "Rancang Bangun Turbin Untuk Pltmh Di Jalan Bintara Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muaro Jambi," Vol. 2, No. 1, Pp. 25–28, 2019.

