

Analisa Perbandingan Jarak Antar Blade dan Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Archimedes

Burhanudin¹, P. Jannus², dan Andi Ulfiana²

¹Program Studi Teknik konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) merupakan suatu Pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai media utama untuk menggerakkan Turbin dan Generator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja turbin air Archimedes dengan variable jumlah blade, jarak blade, dan tipe poros turbin terhadap daya output dan efisiensi. Sistem pembangkit ini menggunakan turbin Archimedes untuk memanfaatkan aliran air yang terbuang dengan head 5 meter. Prinsip kerja sistem ini adalah memanfaatkan pompa Untuk mengalirkan dan mengisi air di bak penampungan dengan head 5 meter sebagai penyedia sumber air. Sumber air digunakan untuk menggerakkan turbin Archimedes kemudian Air yang terbuang akan dialirkan kembali oleh pompa untuk mengisi bak penampungan. Penelitian kali ini memanfaatkan variable katup Valve sebagai pengatur besaran debit Air yang akan menggerakkan turbin Archimedes. Pada penelitian dengan katup sebesar 100% dihasilkan efisiensi dan daya output maksimum pada turbin 1 yaitu sebesar 3,545059 % dan 5.439 W, untuk turbin 2 efisiensi dan daya output maksimum yaitu 0,364991% dan 0,58 W. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variable jarak blade, jumlah Blade, dan tipe poros dapat mempengaruhi kinerja turbin Archimedes.

Kata-kata kunci: PLTMH, Archimedes, Daya Listrik, Efisiensi

Abstract

Micro Hydro Power Plant (MHP) is a power plant that utilizes hydropower as the main medium to drive turbines and generators. This study aims to compare the performance of the Archimedes water turbine with a variable number of blades, blade distance, and turbine shaft type on output power and efficiency. This MHP system uses the Archimedes Turbine to utilize wasted water flow with a 5 meter head. The working principle of this system is to use a pump to drain and fill water in a reservoir with a 5 meter head as a water source provider. The water source is used to drive the Archimedes turbine, then the wasted water will be flowed back by the pump to fill the reservoir. This research utilizes a variable valve as a regulator of the amount of water flow that will drive the Archimedes turbine. In research with a valve of 100%, the maximum efficiency and output power for turbine 1 are 3.545059% and 5.439 W, for turbine 2, the maximum efficiency and output power are 0.364991% and 0.58 W. So it can be concluded that variable blade distance, number of blades, and shaft type can affect the performance of the Archimedes turbine.

Keywords: MHP, Archimedes, electric power, Efficiency

¹ Corresponding author E-mail address: burhanudin200601@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan kebijakan energi, target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 dan mengupayakan 31% pada tahun 2050 mendatang. Kebijakan energi nasional ini diperkuat dengan keputusan pemerintah yang menerbitkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2017, yang menyatakan bahwa kapasitas pembangkit listrik EBT sebesar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 167,7 GW pada tahun 2050 [1]. Tahun 2021 pengembangan EBT menjadi pembangkit listrik hanya 386 MW hanya menyumbangkan sekitar 13% saja [2].

Upaya meningkatkan pencapaian target bauran EBT dapat dilakukan dengan mengembangkan potensi sumber daya yang ada disekitar, salah satunya adalah air, yang dapat dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Dalam penelitian kali ini PLTA yang digunakan menyesuaikan lingkungan setempat, yaitu di Laboratorium Energi. Skala PLTA yang cocok digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

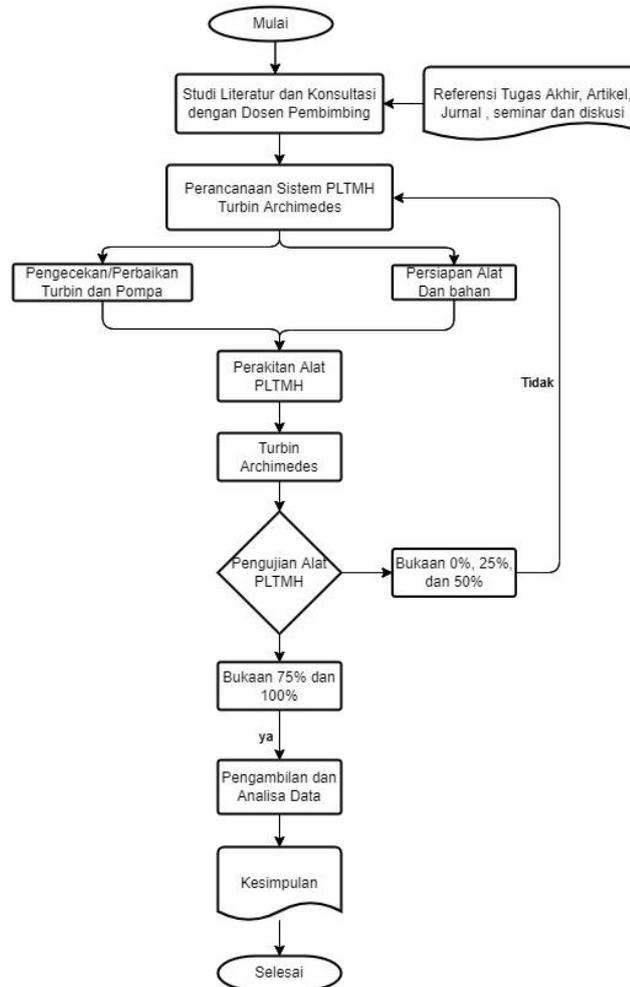
PLTMH di Laboratorium Energi sebelumnya telah diteliti oleh Sukusno P dkk 2014 yang menggunakan model hybrid turbin propeller dan crossflow dengan head tiga meter. Daya output yang dihasilkan kurang optimal, yaitu sebesar 4,56 W dengan efisiensi sistem 1,72% [3]. Kemudian penelitian ini dilanjutkan oleh Ningrum, Sekar Ayu Setya dkk 2015 dengan meningkatkan head tiga meter menjadi lima meter, penelitian tersebut berhasil meningkatkan daya output sebesar 142,414 W dan efisiensi 86,389% [4].

Pada penelitian yang telah dilakukan Ningrum, Sekar Ayu Setya 2015 menghasilkan daya output dan efisiensi yang cukup optimal dengan menggunakan turbin propeller dan turbin crossflow. Penelitian kali ini akan menggunakan turbin archimedes dan crossflow pada head yang sama yaitu lima meter. Pemakaian turbin archimedes sebagai variabel baru untuk mengetahui penggunaan turbin yang paling cocok pada PLTMH pada laboratorium energi.

Berdasarkan hal tersebut penelitian yang dilakukan kali ini adalah menganalisis kinerja turbin *Arcimedes* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan variasi jumlah Blade, Jarak antar Blade dan panjang poros.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini berguna sebagai acuan dalam melakukan penelitian, sehingga penelitian dapat berjalan dengan sistematis, tujuan tercapai, dan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode eksperimental yang ditunjang dengan teori-teori, dilaksanakan diluar ruangan atau outdoor guna mengumpulkan data-data penelitian secara real di lapangan. Penelitian ini juga dikembangkan dengan metode tindakan dengan model rancang bangun yang disesuaikan pada hasil survei lapangan. Perencanaan dan pembuatan prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro sesuai dengan desain yang direncanakan. Prototype tersebut dioperasikan dengan beban dan menguji efisiensi turbin tersebut. Kemudian memastikan tidak ada kesalahan lagi pada sistem sebelum diambil data untuk analisa. Pengambilan data dan analisa hasil dari alat pengujian setelah semua rangkaian terpasang dan dibuat dengan baik maka dilakukan uji coba dan pengujian pada sistem yang telah didesain kemudian dianalisa kinerja dan efisiensinya.

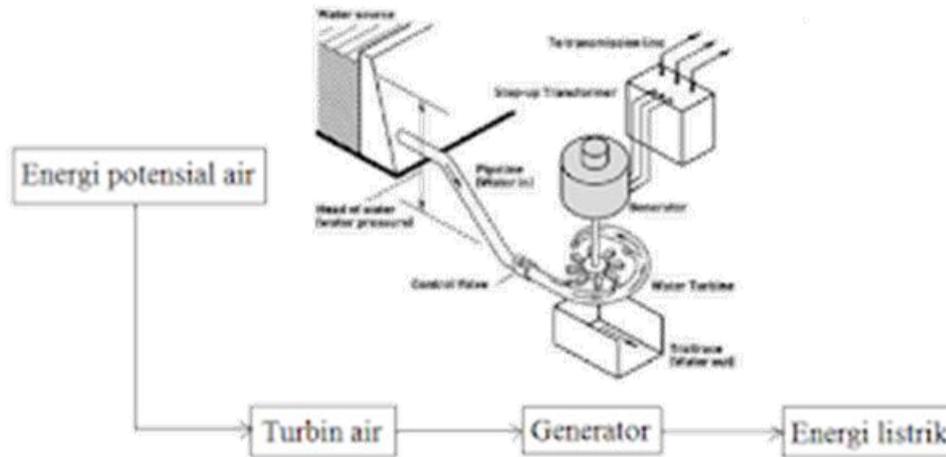


Gambar 1 Diagram Alir

Pembangkit Listrik Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (head). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik [5].

Prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada umumnya memanfaatkan aliran debit air yang mengalir serta memanfaatkan perbedaan ketinggian jatuhnya aliran air. Aliran air yang mengenai sudu-sudu turbin kemudian akan menggerakkan poros turbin yang akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh poros turbin kemudian akan menggerakkan generator dan generator akan menghasilkan energi listrik.



Gambar 2 Sistem PLTMH

(sumber : <https://foresteract.com/mikrohidro/mechanisme-pltmh/>)

Berikut rumus yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro:

1. Laju aliran air (Q) merupakan jumlah Volume Fluida (V) yang mengalir Persatuan waktu (t), persamaannya adalah :

$$Q = v A (m^3/s) \quad (1)$$

Dimana : Q = laju aliran air (debit), (m^3/s)
 v = kecepatan aliran (m/s)
 A = luas penampang (m^2)

2. Daya Hidrolis , merupakan daya masukan turbin atau daya yang dimiliki air (Ph), besarnya adalah :

$$Ph = \rho Q g H(W) \quad (2)$$

Dimana : Ph = daya hidrolisis, (W)
 ρ = masa jenis air, (kg/m^3)
 Q = laju aliran air (debit), (m^3/s)
 g = percepatan gravitasi bumi, (m^2/s)
 H = tinggi jatuh air (Head), (m)

3. Daya output, daya keluaran (output) yang dihasilkan darigenerator dimana persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Pout = V.I (W) \quad (3)$$

Dimana : $P out$ = daya listrik yang dihasilkan (W)
 V = tegangan listrik yang dihasilkan (Volt)
 I = arus listrik yang dihasilkan (Amper)

4. Daya Input, merupakan daya masukan turbin atau daya yang dimiliki air masuk turbin (Pin), yang besarnya sama dengan daya hidrolisis, rumusnya adalah :

$$Pin = \rho Q g H (W) \quad (4)$$

Dimana : Pin = daya masukan turbin (W)
 ρ = masa jenis Air (kg/m^3)
 Q = laju aliran air (debit) (m^3/s)
 H = tinggi jatuh Air (total) (m)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

5. Efisiensi PLTMH (η), sama dengan daya yang dihasilkan akibat adanya kerugian atau daya aouput generator (P_{out}) terhadap daya tanpa memperhitungkan kerugian, atau dayaa hidrolisis (P_{in}). Jadi η adalah perbandingan daya keluaran terhadap daya masukan turbin

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

Turbin Air Archimedes

Turbin Archimedes merupakan salah satu turbin dengan aliran head yang rendah pada PLTMH. Menurut hukum Archimedes menjelaskan bahwa jika suatu benda di celupkan sebagian atau seluruh nya maka akan menyebabkan gaya ke atas dan berat zat cair itu sama.

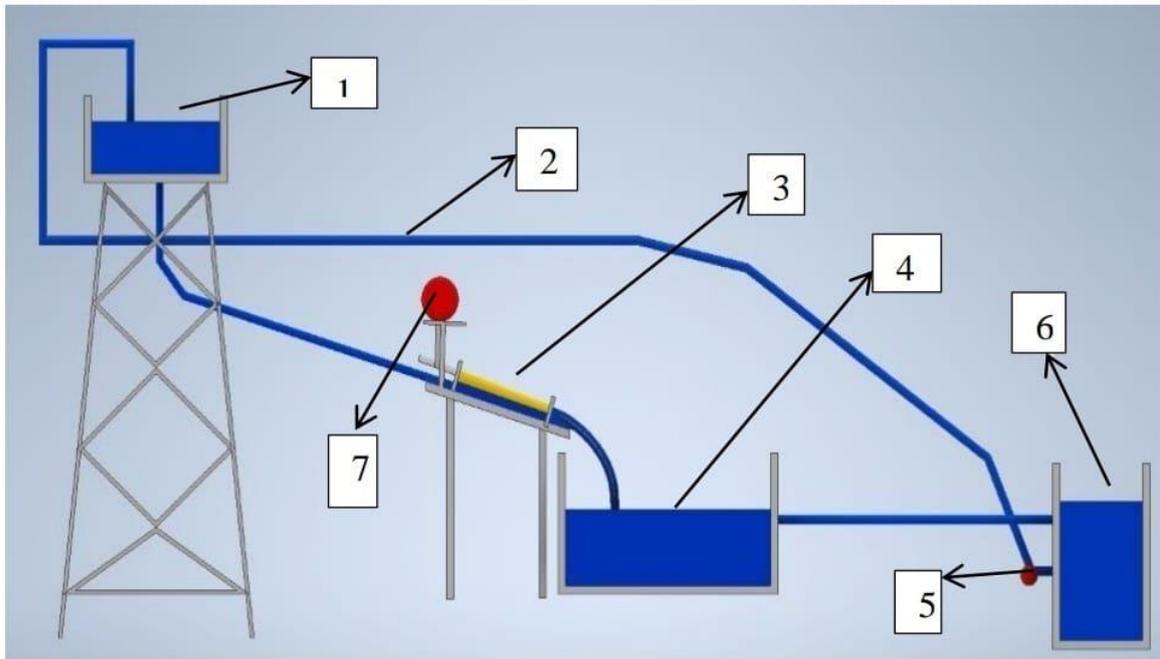
Prinsip kerja pada turbin Archimedes ini berasal dari mengalirnya air dari atas saluran lalu masuk ke antar sudu dan keluar melalui ujung bawah turbin. Dengan head tertentu dan debit yang rendah dapat memutar turbin Archimedes yang dihubungkan ke generator untuk menghasilkan listrik/ beban seperti lampu, kipas angin, dan charger hp. Air jatuh dari atas dan membuat blade berputar seiring dengan air jatuh. Turbin Archimedes merupakan cara efisien untuk menghasilkan listrik dari aliran air yang kecil [6].



Gambar 3 Turbin Archimedes
(sumber : <https://www.hallidayshydropower.com/case-studies/>)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja sistem PLTMH Turbin Archimedes ini yaitu menggunakan pompa untuk memompakan air ke tanki air dengan head 5 meter sebagai penyedia sumber air. Sumber air inilah yang digunakan untuk menggerakkan turbin Archimedes. Berikut ini gambaran sistem PLTMh turbin Archimedes :



Gambar 4 Sistem PLTMH Turbin Archimedes

Keterangan:

1. Tanki air
2. Saluran pipa
3. Turbin *Archimedes*
4. Bak *output* air
5. Pompa
6. Bak *input* Air
7. *Ball valve*

Spesifikasi Turbin Archimedes

Pada tabel merupakan penjelasan mengenai spesifikasi turbin Archimedes yang digunakan pada penelitian ini, Berikut adalah spesifikasi turbin Archimedes yang digunakan pada penelitian :

Tabel 1 Spesifikasi Turbin Archimedes 1

 <p>Gambar 5 Turbin 1 Archimedes</p>	Panjang turbin	= 100 m
	Panjang total turbin	= 120 cm
	Jari jari blade	= 8 cm
	Jarak pitch	= 12 cm
	Jumlah blade	= 9 blade
	Berat	= 2,855 kg
	Poros dalam	= 25 mm
	Poros luar	= 3 cm
	Tipe beis poros	= besi holo

Tabel 2 Spesifikasi turbin Archimedes 2

 <p>Gambar 6 Turbin 2 Archimedes</p>	Panjang turbin	= 100 cm
	Panjang total turbin	= 120 cm
	Jari jari blade	= 8 cm
	Jarak pitch	= 5 cm
	Jumlah blade	= 14 blade
	Berat	= 6,025 kg
	Poros dalam	= 20 mm
	Poros luar	= 3 cm
	Tipe beis poros	= besi behel

Data hasil pengamatan

Dalam penelitian kali ini penulis melakukan pengamatan dengan menggunakan variabel bukaan katup sebesar 100% pada masing-masing turbin Archimedes, berikut ini adalah tabel hasil pengamatan kinerja turbin Archimedes setelah dikopel oleh genenerator :

Tabel 3 Data Perbandingan kinerja Turbin Archimedes

No	Turbin Archimedes 1					Turbin Archimedes 2				
	Q	V	I	P	rpm	Q	V	I	P	rpm
1	0.003083	6.2	0.4	2.48	186	0.003083	2.7	0.2	0.54	87
2	0.003174	7.28	0.5	3.64	190	0.003174	2.4	0.2	0.48	76
3	0.003128	7.77	0.7	5.439	192	0.003128	2.22	0.2	0.444	92
4	0.003264	5.2	0.43	2.236	169	0.003264	2.6	0.2	0.52	78
5	0.003355	5.12	0.4	2.048	167	0.003355	2.4	0.2	0.48	81
6	0.003491	5.3	0.7	3.71	168	0.003491	2.9	0.2	0.58	73
7	0.003128	5.86	0.5	2.93	183	0.003128	2.8	0.2	0.56	76
8	0.003219	5.4	0.4	2.16	172	0.003219	2.23	0.2	0.446	87
9	0.003264	5.23	0.4	2.092	170	0.003264	2.85	0.2	0.57	81
10	0.003038	5.5	0.43	2.365	180	0.003038	2.3	0.2	0.46	78

Perhitungan Data

Data hasil pengamatan diperoleh secara langsung menggunakan alat ukur dalam penelitian seperti Flowmeter, Tachometer, Multimeter dan Clammeter. Data hasil pengamatan kemudian diolah guna mengetahui dan mengevaluasi kinerja PLTMH. Data-data hasil pengamatan akan dilakukan perhitungan

menggunakan persamaan rumus dan dijabarkan secara rinci . adapun analisa data hasil pengamatan sebagai berikut :

Berikut perhitungan data pada percobaan 1 pada turbin Arcimedes 1

1. Daya Hidrolis

$$P_h = \rho Q g H(W)$$

$$P_h = 1000 \times 0.003083 \times 9.81 \times 5(W)$$

$$P_h = 151,2212 \text{ W}$$

Dimana : Pin = daya masukan turbin (W)
 ρ = masa jenis air (kg/m³)
 Q = laju aliran air (debit) (m³/s)
 H = ketinggian jatuh air (total) (m)
 g = gaya grafitasi bumi (m/s²)

2. Daya Output

$$P_{out} = V \cdot I (W)$$

$$P_{out} = 6,2 \cdot 0.4 (W)$$

$$P_{out} = 2.48 (W)$$

Dimana : Pout = daya listrik yang dihasilkan (W)
 V = tegangan listrik yang dihasilkan (Volt)
 I = arus listrik yang dihasilkan (Amper)

3. Effisiensi PLTMH (η)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2.48}{151,2212} \times 100\%$$

$$\eta = 1.639982 \%$$

Dimana : Pout = daya yang dihasilkan generator (W)
 Pin = daya masukan turbin (W)

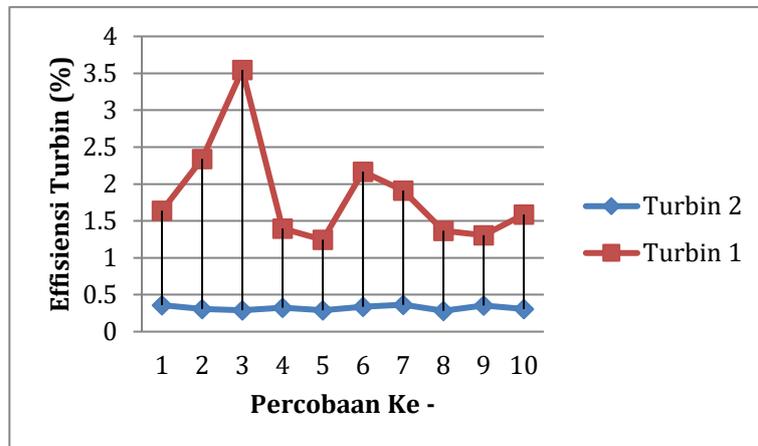
Data Hasil Perhitungan

Tabel 4 merupakan tabel bukaan katup 100% dan diperoleh effisiensi dan daya output maksimum pada turbin 1 Archimedes yaitu sebesar 3.596718 % dan 5.439 (W), pada turbin 2 Archimedes didapatkan effisiensi dan daya output maksimum yaitu sebesar 0.460253 % dan 0.696 (W). Berikut data Hasil perhitungan Pada Turbin Arcimedes Tabel dan Grafik

Tabel 4 Data Perhitungan Turbin Arcimedes

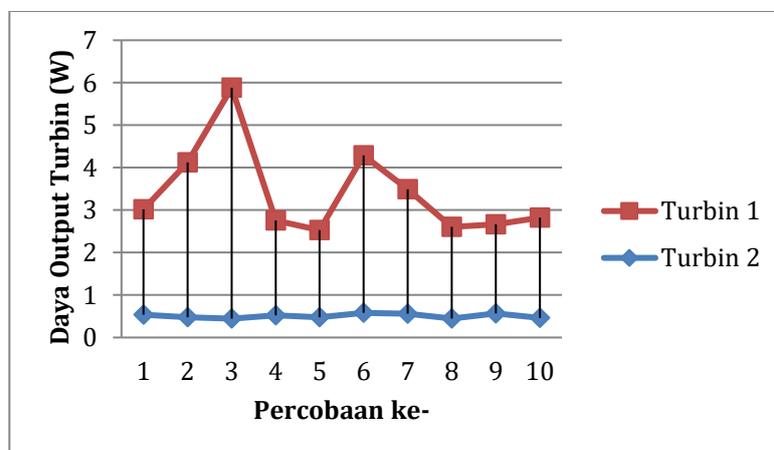
No	Turbin 1 Arcimedes				Turbin 2 Arcimedes			
	Q (m ³ /s)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)	Q (m ³ /s)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	0.003083	151.2212	2.48	1.639982	0.003083	151.2212	0.54	0.357093
2	0.003174	155.6847	3.64	2.338059	0.003174	155.6847	0.48	0.308315
3	0.003128	153.4248	5.439	3.545059	0.003128	153.4248	0.444	0.289393
4	0.003264	160.0992	2.236	1.396634	0.003264	160.0992	0.52	0.324799
5	0.003355	164.5628	2.048	1.24451	0.003355	164.5628	0.48	0.291682
6	0.003491	171.2336	3.71	2.166631	0.003491	171.2336	0.58	0.338719

7	0.003128	153.4284	2.93	1.909686	0.003128	153.4284	0.56	0.364991
8	0.003219	157.892	2.16	1.368024	0.003219	157.892	0.446	0.282472
9	0.003264	160.0992	2.092	1.30669	0.003264	160.0992	0.57	0.356029
10	0.003038	149.0103	2.365	1.587139	0.003038	149.0103	0.46	0.308703



Gambar 7 Perbandingan Effisiensi

Gambar 7 menunjukkan perbandingan efisiensi turbin Archimedes 1 dan turbin Archimedes 2 dengan spesifikasi turbin 1 Archimedes memiliki 9 blade dengan jarak blade sebesar 12 cm sedangkan turbin 2 Archimedes memiliki 14 blade dengan jarak blade sebesar 5 cm pada bukaan katup 100%. Sumbu X menunjukkan banyaknya percobaan yang dilakukan pada penelitian perbandingan kinerja turbin Archimedes dan sumbu Y menunjukkan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin 1 Archimedes dan turbin 2 Archimedes. Berdasarkan gambar 7 diperoleh efisiensi maksimum pada turbin 1 Archimedes yaitu sebesar 3.545059%, pada turbin 2 Archimedes didapatkan efisiensi maksimum yaitu sebesar 0.364991 % .



Gambar 8 Perbandingan Daya Output

Gambar 8 menunjukkan perbandingan daya output turbin Archimedes 1 dan turbin Archimedes 2 dengan spesifikasi turbin 1 Archimedes memiliki 9 blade dengan jarak blade sebesar 12 cm sedangkan turbin 2 Archimedes memiliki 14 blade dengan jarak blade sebesar 5 cm pada bukaan katup 100%. Sumbu X menunjukkan banyaknya percobaan yang dilakukan pada penelitian perbandingan kinerja turbin Archimedes dan sumbu Y menunjukkan daya output yang dihasilkan oleh turbin 1 Archimedes dan turbin 2 Archimedes. Berdasarkan gambar 8 diperoleh daya output maksimum pada turbin 1 Archimedes yaitu sebesar 5.439 (W), pada turbin 2 Archimedes didapatkan daya output maksimum yaitu sebesar 0.58 (W).

4. KESIMPULAN

1. Putaran poros maksimum pada turbin Archimedes 1 yaitu sebesar 192 rpm pada Bukaannya katup 100%, dan pada Turbin Archimedes 2 Putaran poros maksimum yaitu sebesar 92 rpm pada bukannya katup yang sama.
2. Perbandingan yang terjadi pada jumlah Blade, Jarak Blade, dan tipe Poros mengakibatkan kinerja Pada Turbin Archimedes berbeda Dimana Kinerja Turbin Archimedes 1 lebih Baik dari pada turbin Archimedes 2.
3. Efisiensi dan daya output maksimum pada Turbin 1 yaitu sebesar 3,545059 % dan 5.439 W, untuk turbin 2 Efisiensi dan Daya output maksimum yaitu 0,364991% dan 0,58 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua atas dukungan finansialnya pada penelitian ini dan dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini. Penulis juga berterima kasih kepada teman kelompok penelitian ini atas dukungannya yang bermanfaat.

REFERENSI

- [1] Hilmawan, Edi. (2021). Outlook energi Indonesia 2021 ; Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya Untuk Penyediaan Energy Charging Station. Pusat Pengkajian Industri Proses Dan Energi, Tangerang.
- [2] Tumiwa, Fabby, Simamora, Pamela (2021). Indonesia Energi Transition Outlook, 2022, Tracking Progress Of Energy Transition In Indonesia: Aiming For Net-Zero Emission By 2050. Institute For Essential Services Reform, Jakarta Selatan.
- [3] Sukusno P, Fachrudin, Jannus P. (2014). Perbandingan Kinerja Sistem PLTMH Head 2 dan 3 Meter Unit Turbin Berada Di Bak Atas. Poli-Teknologi Vol.13No.3 /2014 PNJ, Depok.
- [4] Kuriyah, Steivani, Sekar Ayu Setya Ningrum, William Dady Rediyanto, p. sukusno, dan P. Jannus (2019). Perbandingan Daya Listrik dan Efisiensi Sistem PLTMH Turbin Propeler, Turbin Crossflow dan Model Hibrid. Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Konversi Energi, Perpustakaan PNJ, Depok.
- [5] Apriansyah, F. Rusdinar, A. Darlis, D. (2016). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal. e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.1.
- [6] Saefudin, Encu, Turbin Screw Untuk pembangkit listrik Skala Mikrohidro Ramah lingkungan. Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung (2017) ISSN-1070.
- [7] Mafruddin. (2016). "Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur". Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- [8] Putra, I Gede Widnyana Weking, Antonius Ibi Jasa, Lie. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro.
- [9] Ramadhan, Ahmad. (2017). Analisis Perbandingan Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil Dengan Eksitasi Sendiri Dan Eksitasi Terpisah.
- [10] Sumiyanto, Abdunnaser. (2017). Pengaruh Proses Carbonitriding Terhadap Material Dasar Bearing Suj2. Institut Sain dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan.