



Analisa Perbandingan Jarak Antar Blad 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. Pada PLTMH kali ini digunakan turbin archimedes sebagai variable baru untuk mengetahui penggunaan turbin hybrid yang paling cocok pada PLTMH di Laboratorium Energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja turbin archimedes dengan variable jumlah blade dan jarak blade terhadap daya output dan efisiensi. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis Turbin archimedes dengan spesifikasi turbin 1 archimedes memiliki 9 blade dengan jarak blade sebesar 12 cm, untuk turbin 2 archimedes memiliki 14 blade dengan jarak blade 5 cm. Hasil penelitian ini didapatkan efisiensi dan daya output maksimum dengan bukaan katup 100% pada turbin 1 yaitu sebesar 3,545059 % dan 5.439 W, pada turbin 2 efisiensi dan daya output maksimum yaitu 0,364991% dan 0,58 W.

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

Abstract

Microhydro Power Plant (PLTMH) is a power plant that utilizes hydropower as the main medium to drive Turbines and Generators. In this PLTMH, archimedes turbines are used as a new variable to find out the most suitable use of hybrid turbines at PLTMH in the Energy Laboratory. This study aims to determine the comparison of archimedes turbine performance with variables in the number of blades and blade distance to output power and efficiency. In this study, 2 types of archimedes turbines were used with turbine specifications of 1 archimedes have 9 blades with a blade distance of 12 cm, for turbines 2 archimedes have 14 blades with a blade distance of 5 cm. The results of this study obtained efficiency and maximum output power with a 100% valve opening in turbine 1 which was 3.545059% and 5,439 W, in turbine 2 efficiency and maximum output power of 0.364991% and 0.58 W.

Keywords: MHP, Archimedes, Blade Distance, Efficiency, Electric Power

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 [Outlook Energi Indonesia, 2021]. Tahun 2021 pengembangan EBT menjadi pembangkit listrik hanya 386 MW hanya menyumbangkan sekitar 13% saja [Indonesia Energy Transition Outlook, 2022].

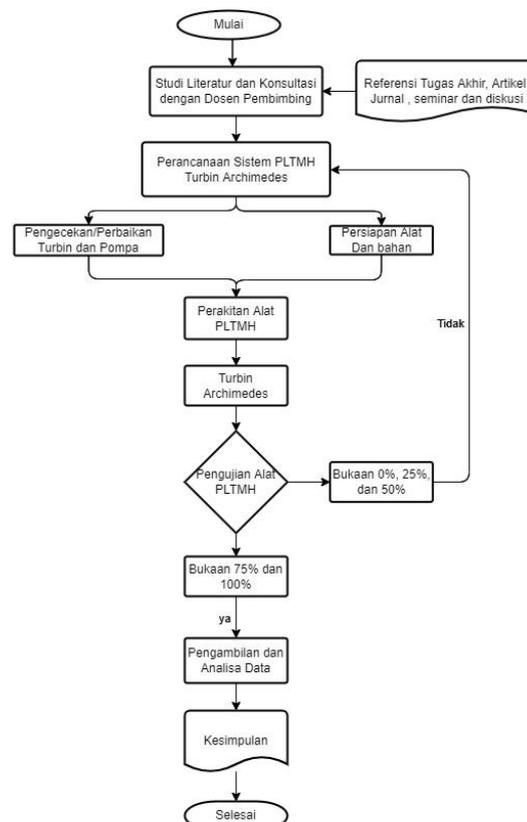
Upaya meningkatkan pencapaian target bauran EBT dapat dilakukan dengan mengembangkan potensi sumber daya yang ada disekitar, salah satunya adalah air, yang dapat dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Dalam penelitian kali ini PLTA yang digunakan menyesuaikan lingkungan setempat,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

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



Gambar 1 Diagram Alir

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.

Pembangkit Listrik Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang sumbernya berasal dari air. PLTMH memanfaatkan energi potensial yaitu jatuh air (head) dan jumlah debit. Pada PLTMH terjadi perubahan energi potensial menjadi energi kinetik saat air mengalir, kemudian air mengalir akan memutar turbin yang akan menimbulkan energi mekanik. Turbin yang berputar menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik.

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 :

$$Q = \frac{V}{t} (m^3/s) \quad (1)$$

Dimana : Q = laju aliran air (debit), (m^3/s)
 V = Volume, (m^3)
 t = waktu, (s)

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.

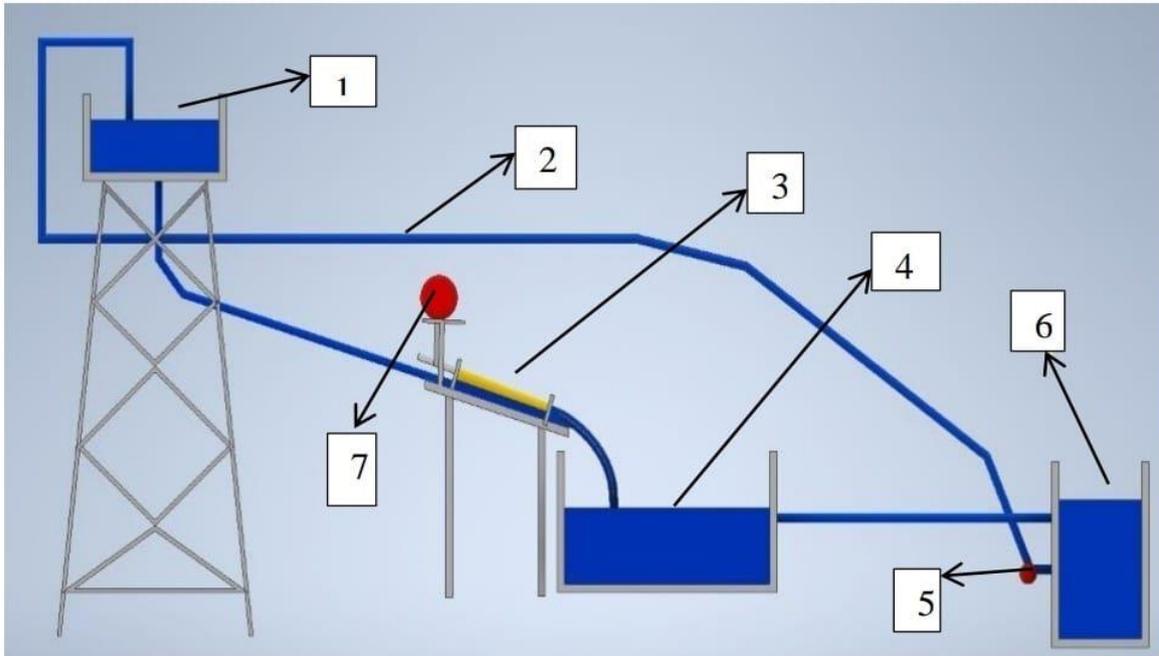
Prinsip kerja pada turbin Archimedes ini berasal dari mengalirnya air dari atas saluran lalu masuk ke antar sudu dan keluar melalui ujung bawah turbin. Dengan head tertentu dan debit yang rendah dapat memutar turbin Archimedes yang dihubungkan ke generator untuk menghasilkan listrik/ beban seperti lampu, 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.



Gambar 2 Turbin Archimedes

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sitem PLTMH Turbin Archimedes



Gambar 3 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 Arcimedes

Berikut adalah spesifikasi turbin Arcimedes yang digunakan pada penelitian :

Tabel 1 Spesifikasi Turbin Arcimedes 1

	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

Gambar 4 Turbin 1 Archimedes

Tabel 2 Spesifikasi turbin Archimedes 2

 <p>Gambar 5 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

Berikut ini adalah data hasil pengamatan penelitian yang ditampilkan dalam Tabel berikut :

Tabel 3 Data Perbandingan kinerja Turbin Archimedes

Perbandingan kinerja Turbin Archimedes setelah dikopel generator bukaan 100 %												
No	Turbin Archimedes 1						Turbin Archimedes 2					
	v m/s	A m ²	Volt (V)	Arus I	P (W)	N rpm	v m/s	A m ²	Volt (V)	Arus I	P (W)	N rpm
1	0.68	0.004534	6.2	0.4	2.48	115	0.68	0.004534	2.7	0.22	0.594	64
2	0.68	0.004534	7.3	0.5	3.64	117	0.68	0.004534	2.4	0.2	0.48	61
3	0.68	0.004534	7.8	0.7	5.439	123	0.68	0.004534	2.22	0.2	0.444	57
4	0.68	0.004534	5.2	0.4	2.236	103	0.68	0.004534	2.6	0.19	0.494	63
5	0.68	0.004534	5.1	0.4	2.048	98	0.68	0.004534	2.4	0.2	0.48	61
6	0.68	0.004534	5.3	0.7	3.71	104	0.68	0.004534	2.9	0.24	0.696	68
7	0.68	0.004534	5.9	0.5	2.93	111	0.68	0.004534	2.8	0.2	0.56	66
8	0.68	0.004534	5.4	0.4	2.16	108	0.68	0.004534	2.23	0.23	0.513	57
9	0.68	0.004534	5.2	0.4	2.092	103	0.68	0.004534	2.85	0.2	0.57	67
10	0.68	0.004534	5.5	0.4	2.365	110	0.68	0.004534	2.3	0.21	0.483	59

Perhitungan Data

Berikut perhitungan data pada percobaan 1 pada turbin Archimedes 1

1. Daya Hidrolis

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

$$Ph = 1000 \times 0.00308 \times 9.81 \times 5(W)$$

$$Ph = 151,2212 W$$

2. Daya Output

$$Pout = V.I (W)$$

$$Pout = 7.8. \times 0.7 (W)$$

$$Pout = 5.439 (W)$$

3. Effisiensi PLTMH (η)

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

$$\eta = \frac{5.439}{151,2212} \times 100\%$$

$$\eta = 3.596718\%$$

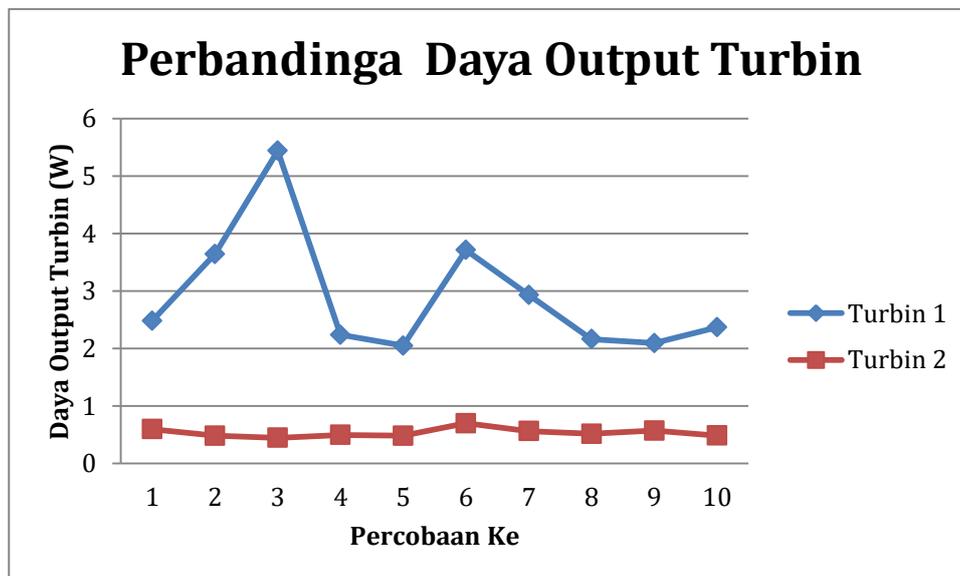
Data Hasil Perhitungan

Berikut data Hasil perhitungan Pada Turbin Arcimedes Tabel dan Grafik

Tabel 4 Data Perhitungan Turbin Arcimedes

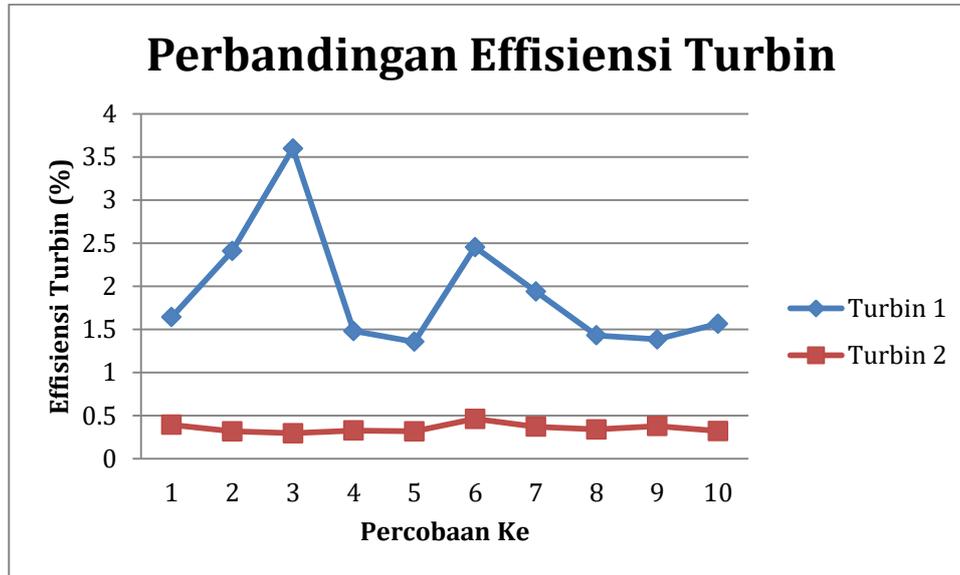
No	Turbin 1 Arcimedes				Turbin 2 Arcimedes			
	Q (m ³ /s)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)	Q (m ³ /s)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	0.00308	151.2212	2.48	1.639982	0.003083	151.2212	0.594	0.392802
2		151.2212	3.64	2.40707		151.2212	0.48	0.317416
3		151.2212	5.439	3.596718		151.2212	0.444	0.29361
4		151.2212	2.236	1.478629		151.2212	0.494	0.326674
5		151.2212	2.048	1.354307		151.2212	0.48	0.317416
6		151.2212	3.71	2.45336		151.2212	0.696	0.460253
7		151.2212	2.93	1.937559		151.2212	0.56	0.370318
8		151.2212	2.16	1.428371		151.2212	0.513	0.339238
9		151.2212	2.092	1.383404		151.2212	0.57	0.376931
10		151.2212	2.365	1.563934		151.2212	0.483	0.3194

Tabel 4 merupakan tabel bukaan katup 100% dan diperoleh efisiensi dan daya *output* maksimum pada turbin 1 *Archimedes* yaitu sebesar 3.596718 % dan 5.439 (W), pada turbin 2 *Archimedes* didapatkan efisiensi dan daya *output* maksimum yaitu sebesar 0.460253 % dan 0.696 (W).

Grafik

Gambar 6 Grafik Perbandingan Effisiensi turbin Archimedes

Gambar 6 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 6 diperoleh daya *output* maksimum pada turbin 1 *Achimedes* yaitu sebesar 5.439 (W), pada turbin 2 *Archimedes* didapatkan daya *output* maksimum yaitu sebesar 0.696 (W).



Gambar 7 Grafik Perbandingan nilai Output turbin Archimedes

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 3.596718 %, pada turbin 2 *Archimedes* didapatkan efisiensi maksimum yaitu sebesar 0.460253 % .

4. KESIMPULAN

Pada penelitian sistem PLTMH dengan spesifikasi turbin 1 *Archimedes* memiliki 9 *blade* dengan jarak *blade* sebesar 12 cm dengan bukaan katup 75% didapatkan efisiensi dan daya *output* maksimum yaitu sebesar 0.013596165% dan 1.974 (W) dan dengan bukaan katup sebesar 100% didapatkan nilai efisiensi dan daya *output* maksimum yaitu sebesar 3.596718 % dan 5.439 W. sedangkan turbin 2 *Archimedes* dengan spesifikasi memiliki 14 *blade* dengan jarak *blade* sebesar 5 cm dengan bukaan katup 75% didapatkan efisiensi dan daya *output* maksimum yaitu 0.002548% dan 0.37 (W) dan dengan bukaan katup sebesar 100% didapatkan efisiensi dan daya *output* maksimum yaitu 0.383544% dan 0,58 W.

REFERENSI

1. Sukusno P, Fachruddin, 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*
2. Saefudin, Encu, Turbin Screw Untuk pembangkit listrik Skala Mikrohidro Ramah lingkungan. Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung (2017) ISSN-1070.
3. Widayana Putra, I gede, Analisa Pengaruh Tekanan Air terhadap kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Arcimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol.17, No 3, 9 september-desember 2018*.
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.