



# POTENSI *HYBRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TURBIN *CROSSFLOW* DAN TURBIN *ARCHIMEDES*

M. Alfin AS<sup>\*1</sup>, P Jannus<sup>1</sup>, dan Andi Ulfiana<sup>1</sup>

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

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

---

## Abstrak

*Laboratorium Teknik Konversi Energi terletak di Politeknik Negeri Jakarta yang terdapat sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang sudah pernah dilakukan sebuah penelitian sebelumnya. Lingkungan yang memadai dan berpotensi dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan skala kecil. Maka dari itu untuk memodifikasi penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan Turbin Archimedes dan turbin crossflow sebagai turbin yang akan digunakan untuk di hibrid. Turbin Archimedes dan turbin crossflow merupakan turbin yang sesuai diaplikasikan sebagai alat konversi energi air menjadi energi mekanik. Studi ini bertujuan untuk mengetahui pembangkit listrik tenaga hybrid antar turbin crossflow dan turbin Archimedes guna mengetahui efisiensinya. Metode perancangan meliputi pengamatan lokasi untuk memastikan kondisi PLTMH sebelumnya, kemudian melakukan perhitungan matematis. Tujuan penelitian ini adalah membuat model dari rancang bangun turbin air Archimedes dan turbin air crossflow dengan menggunakan dua macam turbin Archimedes yang berbeda untuk mendapatkan perbandingan efisiensi yang lebih baik.*

*Kata-kata kunci: Turbin Archimedes, Turbin Crossflow, Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid*

## Abstract

*The Energy Conversion Engineering Laboratory is located at the Jakarta State Polytechnic, where there is a Micro-hydro Power Plant that has been conducted in a previous study. Adequate environment and used as a small-scale hydroelectric power plant. So the researchers from that to modify previous research, using the Archimedes Turbine and crossflow turbine as turbines that will be used for hybrids. Archimedes turbine and crossflow turbine are turbines that are applied as a means of converting air energy into mechanical energy. This study aims to determine the hybrid power plant between crossflow turbines and Archimedes turbines in order to determine their efficiency. The research method is to observe the location to ensure the condition of the previous MHP, then perform mathematical calculations. The purpose of this study is to make a model of the Archimedes water turbine design and crossflow water turbine using two different Archimedes turbines to obtain an optimal efficiency comparison.*

*Keywords: Archimedes Turbine, Crossflow Turbine, Hybrid Power Plant*

---

<sup>1</sup> Corresponding author E-mail address: [alfinassiddiq17@gmail.com](mailto:alfinassiddiq17@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya pertumbuhan kebutuhan energi yang berkembang saat ini, maka membuat pembangkit listrik meningkat pula. Dengan adanya perkembangan pada pembangkit listrik dengan energi terbarukan dapat mendukung laju penipisan bahan bakar fosil. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki banyak potensi energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan, salah satunya adalah tenaga air. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki potensi air dengan skala yang besar diperkirakan sebesar 74,97% GW dan hampir 94%, maka total yang dimanfaatkan oleh potensi tenaga air tersebut adalah sebesar 4,60 GW yang sebagian besar berada di pulau Jawa. PLTA dibedakan menjadi beberapa klasifikasi yaitu besar, mini, mikro, dan piko.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro atau yang biasa disebut PLTMH saat ini menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang sudah banyak digunakan. Dipilihnya PLTMH dikarenakan menjadi solusi alternatif untuk mendistribusikan daya listrik. Selain itu pemilihan PLTMH juga dikarenakan ramah lingkungan, mudah dioperasikan, dan menggunakan biaya yang murah. Banyak negara berkembang yang menggunakan sistem PLTMH di daerah perbukitan dan air yang mengalir sepanjang tahun atau dimana saja dengan membendung dan mengalirkan air ke suatu tempat dengan ketinggian (*head*) dan dioperasikan, namun masih membutuhkan teknologi yang kuat dan handal lagi serta dapat dikelola oleh masyarakat setempat. PLTMH berbeda dengan PLTA, dapat dilihat dari skalanya yang dimana PLTMH merupakan pembangkit dengan skala kecil, dan sangat cocok diterapkan di pedesaan yang memiliki perbukitan serta aliran airnya mengalir terus-menerus sepanjang tahun dan mengalirkan air ke suatu tempat sehingga didapatkan dengan ketinggian (*head*) tertentu.

Kestabilan frekuensi pada daya output yang dihasilkan itu tergantung pada tingkat performansi pada Pembangkit Listrik tersebut, termasuk dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Pemakaian beban pada konsumen yang berubah-ubah menjadi salah satu ketidakstabilan frekuensi yang dihasilkan. Untuk menyesuaikan kemampuan kerja pembangkit skala mikro digunakan turbin yang sesuai, salah satunya turbin yang sesuai untuk skala mikro yaitu turbin *Archimedes* dan turbin *crossflow*. Turbin *archimedes* merupakan turbin air dengan aliran yang mengikuti ulirnya serta memanfaatkan kecepatan aliran air untuk memutar blade dengan *head* yang rendah sehingga cocok untuk PLTMH skala lab ini. Sedangkan turbin *crossflow* adalah turbin yang alirannya menyilang serta memanfaatkan kecepatan aliran air untuk memutar blade pada *head* yang rendah sehingga sangat cocok dilakukan untuk PLTMH skala lab ini. Pada penelitian tugas akhir ini, belum ada rancang bangun yang dikerjakan oleh mahasiswa PNJ pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang menggunakan *hybrid* turbin *Archimedes* dengan turbin *crossflow*.

## 2. KAJIAN TEORI

### Pembangkit listrik Tenaga *Hybrid*

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan gabungan pembangkit listrik dari dua atau lebih yang berbasis energi terbarukan. Tujuan dari pembangkit listrik tenaga *hybrid* untuk mendapatkan daya output yang optimal dari kedua jenis pembangkit atau lebih dengan memadukan keduanya agar mendapatkan suatu sistem pembangkit listrik tenaga yang bekerja secara satu padu. PLTH yang digunakan penulis terdiri dari 2 jenis pembangkit listrik, yaitu:

#### PLTMH Turbin *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 seluruhnya 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.

Blade berputar dan menghasilkan listrik karena adanya tekanan hidrostatik dari air pada permukaan blade. Saat air memenuhi blade dari saluran masuk di bagian atas, tekanan air yang jatuh pada blade screw memungkinkan untuk blade berputar. Prinsip kerja turbin *Archimedes* screw ini yaitu, air dari ujung atas mengalir masuk ke ruang di antara kisar blade screw (*bucket*) dan keluar dari ujung bawah. Sehingga

M. Alfin AS, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)

menimbulkan gaya berat air dan beda tekanan hidrostatik dalam bucket di sepanjang rotor mendorong blade screw dan memutar rotor pada sumbunya. Kemudian rotor turbin memutar generator listrik yang disambungkan dengan ujung atas poros turbin screw. (Putra, I Gede Widnyana Weking, Antonius Ibi, JasaLie.2018)

### PLTMH Turbin *Crossflow*

Turbin *crossflow* atau turbin banki dapat beroperasi dengan debit air dan *head* yang kecil. Turbin *crossflow* jenis turbin impuls beraliran silang. Dua bagian penting pada turbin *crossflow* adalah *runner* dan nozel.

Pada ujung aliran nozel terdapat *guide vane* yang berfungsi untuk menentukan arah air yang masuk ke turbin. Mengatur sudut *guide vane* sangat penting dilakukan supaya sudu turbin *crossflow* mendapatkan benturan air yang maksimal, hal ini dapat dilakukan dengan cara mengatur sudut gerak *guide vane*. Arah aliran air yang masuk mempengaruhi laju putaran turbin, sehingga *guide vane* akan berpengaruh terhadap kinerja turbin, hal ini berpengaruh pada variasi sudut *guide vane*. Saat *guide vane* dibuka penuh, air dapat mengalir penuh sehingga nilai laju aliran akan tinggi. Namun ketika *guide vane* tidak penuh, air terhambat untuk mengalir secara penuh, yang membuat nilai laju aliran akan mengalami penurunan.

### 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)  
 $\rho$  = 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 :

$$P_{out} = V . I (W) \quad (3)$$

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 :

M. Alfin AS, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)

$$P_{in} = \rho Q g H (W) \quad (4)$$

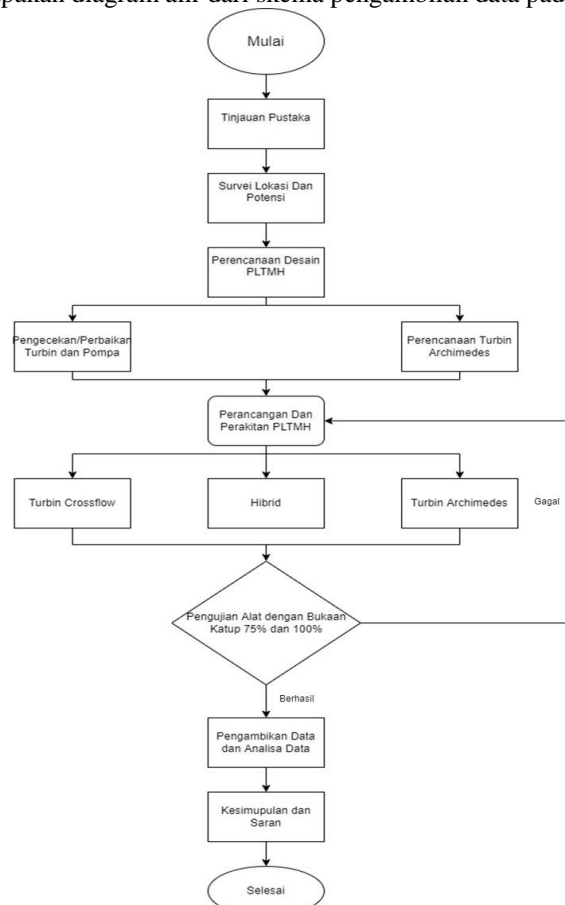
Dimana :  $P_{in}$  = daya masukan turbin (W)  
 $\rho$  = masa jenis Air ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $Q$  = laju aliran air (debit) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $H$  = tinggi jatuh Air (total) (m)  
 $g$  = percepatan gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )

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

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

### 3. METODOLOGI PENELITIAN


Gambar 3.1 di bawah merupakan diagram alir dari skema pengambilan data pada penelitian ini.




**Gambar 3. 1 Diagram Alir PLTMH**

Gambar 3.1 di atas merupakan alur pengerjaan dari *hybrid* pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) turbin *crossflow* dan turbin *Archimedes* dengan membandingkan *hybrid* turbin *crossflow* dan turbin *archimedes* 1 berbanding dengan turbin *crossflow* dan turbin *Archimedes* 2.


**Spesifikasi Turbin Archimedes**

	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 besi poros	= besi holo

**Tabel 3. 1 Spesifikasi Turbin Archimedes 1**

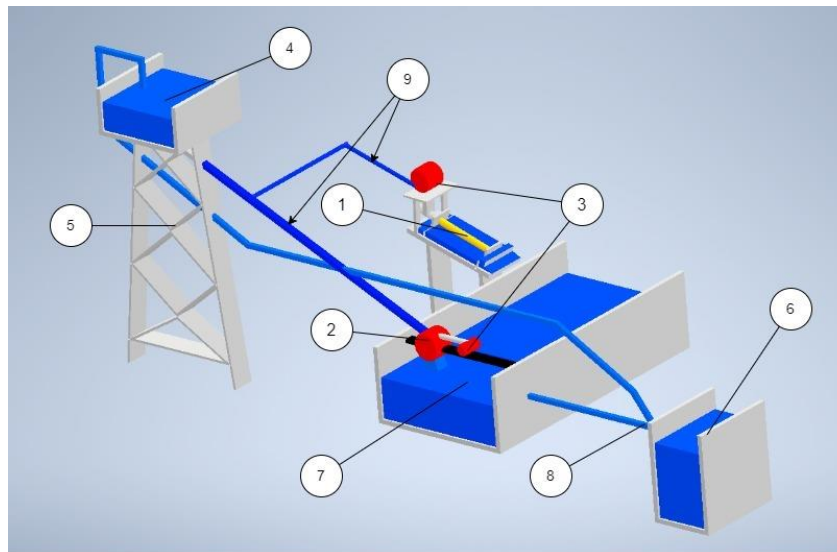
	Panjang turbin	= 100 cm
	Panjang total turbin	= 120 cm
	Jari jari blade	= 8 cm
	Jarak pitch	= 5 cm
	Jumlah blade	= 14 blade
	Berat	= 6,025 kg
	Poros dalam	= 20 mm
	Poros luar	= 3 cm
	Tipe beis poros	= besi behel

**Tabel 3. 2 Spesifikasi Turbin Archimedes 2****Spesifikasi Turbin Crossflow**

	Material turbin	= Besi cor
	Diameter inlet	= 3 inch
	Lebar runner	= 10 cm
	Jumlah sudu runner	= 18
	Jari jari pulley runner	= 12 cm
	Ketebalan runner	= 1,57 cm

**Tabel 3. 3 Spesifikasi Turbin Crossflow**

## Desain Prototipe



Gambar 3. 2 Desain Gambar *hybrid* Turbin *Crossflow* dan turbin *archimedes*

Pada gambar 3.2 adalah gambaran skema pengoprasian pada *hybrid* turbin *crossflow* dan turbin *Archimedes*.

## Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan variabel posisi prototipe untuk mengetahui perbandingan antar *hybrid* guna mengetahui efisiensi yang di dapat dari pengujian macam

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Data Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid

cross dan <i>archimedes</i> 100% 1						
No	ARC			CROSS		
	Q (m <sup>3</sup> /s)	V	I (A)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V	I (A)
1.	0,001587	7,61	0,5	0,001921	15,08	0,88
2.	0,001587	6,84	0,5	0,001921	14,78	0,98
3.	0,001587	5,88	0,6	0,001921	13,96	0,92
4.	0,001587	6,4	0,4	0,001921	14,55	0,87
5.	0,001587	6,77	0,4	0,001921	14,46	0,95
6.	0,001587	6,34	0,7	0,001921	14,32	0,87
7.	0,001587	6,54	0,5	0,001921	14,65	0,93
8.	0,001587	7,23	0,7	0,001921	14,23	0,95
9.	0,001587	6,4	0,4	0,001921	13,92	0,98
10.	0,001587	6,84	0,4	0,001921	14,08	0,9

Tabel 4. 1 Data Hibrid *Crossflow* dan *Archimedes* 1

Table 4.1 di atas merupakan table inputan data yang di ambil pada pengoprasian *hybrid* turbin *crossflow* dengan turbin *Archimedes* 1 dengan diketahuinya debit, tegangan dan arus.

cross dan archimedes 2						
	ARC			CROSS		
No	Q (m <sup>3</sup> /s)	V	I (A)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V	I (A)
1.	0,001587	2,44	0,28	0,001921	14,17	0,95
2.	0,001587	2,4	0,25	0,001921	14,34	0,89
3.	0,001587	2,58	0,26	0,001921	14,57	0,92
4.	0,001587	2,35	0,25	0,001921	14,44	0,92
5.	0,001587	2,95	0,24	0,001921	14,76	0,88
6.	0,001587	2,77	0,25	0,001921	14,58	0,91
7.	0,001587	2,84	0,27	0,001921	14,49	0,95
8.	0,001587	2,16	0,24	0,001921	14,77	0,9
9.	0,001587	2,4	0,25	0,001921	14,86	0,89
10.	0,001587	2,58	0,26	0,001921	14,23	0,93

Tabel 4. 2 Data Hibrid Crossflow dan Archimedes 2

Table 4.2 di atas merupakan table inputan data yang di ambil pada pengoprasian *hybrid* turbin *crossflow* dengan turbin *Archimedes 2* dengan diketahuinya debit, tegangan dan arus.

### Perhitungan Efisiensi Hibrid

1. Daya output (Pout)

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

$$P_{out} = 7,61 \times 0,5$$

$$P_{out} = 3,805 \text{ W}$$

2. Daya input (Pin)

$$P_{in} = \rho Q g H \text{ (W)}$$

$$P_{in} = 1000 \times 0,001587 \times 9,81 \times 0,62$$

$$P_{in} = 9,652451 \text{ W}$$

3. Efisiensi PLTMH Hibrid

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

$$\eta = 3,805/9,652451 \times 100\%$$

$$\eta = 39,42004 \%$$

Crossflow 100% dan Archimedes 1 100%										
		ARC			CROSS					
No	Q (m <sup>3</sup> /s)	P in (watt)	P out (watt)	Efisiensi	Q (m <sup>3</sup> /s)	P in (watt)	P out (watt)	Efisiensi	P in Rata	EFIS TOTAL
1.	0,001587	9,652451	3,805	39,42004	0,001921	94,22505	13,2704	14,08373	51,93875	32,87603
2.	0,001587	9,652451	3,42	35,43141	0,001921	94,22505	14,4844	15,37213	51,93875	34,47214
3.	0,001587	9,652451	3,528	36,5503	0,001921	94,22505	12,8432	13,63035	51,93875	31,5202
4.	0,001587	9,652451	2,56	26,52176	0,001921	94,22505	12,6585	13,43433	51,93875	29,30086
5.	0,001587	9,652451	2,708	28,05505	0,001921	94,22505	13,737	14,57893	51,93875	31,66229
6.	0,001587	9,652451	4,438	45,97796	0,001921	94,22505	12,4584	13,22196	51,93875	32,53139
7.	0,001587	9,652451	3,27	33,8774	0,001921	94,22505	13,6245	14,45953	51,93875	32,52774

8.	0,001587	9,652451	5,061	52,43228	0,001921	94,22505	13,5185	14,34703	51,93875	35,77194
9.	0,001587	9,652451	2,56	26,52176	0,001921	94,22505	13,6416	14,47768	51,93875	31,19367
10.	0,001587	9,652451	2,736	28,34513	0,001921	94,22505	12,672	13,44865	51,93875	29,66571

Tabel 4. 3 Perhitungan Efisiensi Turbin Crossflow dan Archimedes 1

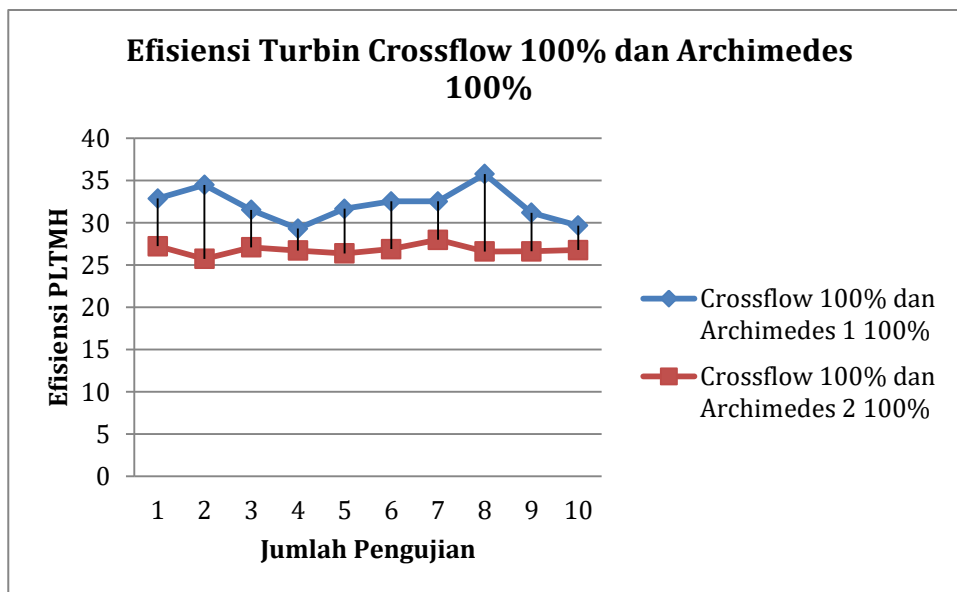
Table 4.3 di atas merupakan table perhitungan efisiensi *hybrid* turbin *crossflow* dan Archimedes PVC.

Crossflow 100% dan Archimedes 2 100%										
No	Q (m <sup>3</sup> /s)	ARC			CROSS				P in Rata	EFIS TOTAL
		P in (watt)	P out (watt)	Efisiensi	Q (m <sup>3</sup> /s)	P in (watt)	P out (watt)	Efisiensi		
1.	0,001587	9,652451	0,6832	7,077995	0,001921	94,22505	13,4615	14,28654	51,93875	27,23342
2.	0,001587	9,652451	0,6	6,216038	0,001921	94,22505	12,7626	13,54481	51,93875	25,72761
3.	0,001587	9,652451	0,6708	6,94953	0,001921	94,22505	13,4044	14,22594	51,93875	27,09961
4.	0,001587	9,652451	0,5875	6,086537	0,001921	94,22505	13,2848	14,09901	51,93875	26,70896
5.	0,001587	9,652451	0,708	7,334924	0,001921	94,22505	12,9888	13,78487	51,93875	26,37106
6.	0,001587	9,652451	0,6925	7,174343	0,001921	94,22505	13,2678	14,08097	51,93875	26,87839
7.	0,001587	9,652451	0,7668	7,944096	0,001921	94,22505	13,7655	14,60917	51,93875	27,97969
8.	0,001587	9,652451	0,5184	5,370656	0,001921	94,22505	13,293	14,10771	51,93875	26,59171
9.	0,001587	9,652451	0,6	6,216038	0,001921	94,22505	13,2254	14,03597	51,93875	26,61866
10.	0,001587	9,652451	0,6708	6,94953	0,001921	94,22505	13,2339	14,04499	51,93875	26,77134

Tabel 4. 4 Perhitungan Efisiensi Turbin Crossflow dan Archimedes 2

Table 4.4 di atas merupakan table perhitungan efisiensi *hybrid* turbin *crossflow* dan turbin Archimedes besi.

Grafik Perbandingan Efisiensi



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Efisiensi

Grafik 4.1 ada grafik perbandingan antara kedua pembangkit listrik tenaga *hybrid*, dapat terlihat pada grafik di atas bahwa efisiensi turbin *crossflow* dan Archimedes 1 lebih baik di bandingkan dengan



*M. Alfin AS, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)*

efisiensi turbin *crossflow* dan *Archimedes 2*. Perbandingan tersebut di bandingkan terhadap masukan debit air yang sama pada saat pengambilan data kedua turbin tersebut.

## 5. KESIMPULAN

- Efisiensi *hybrid* turbin *crossflow* dan turbin *Archimedes 1* lebih baik di bandingkan dengan efisiensi *hybrid* turbin *crossflow* dan turbin *Archimedes 2* dengan perbandingan rata rata 32,1522 % dan 26,79805 %
- Perbedaan konstruksi pada turbin *Archimedes 1* dan *Archimedes 2* berpengaruh pada kinerja *hybrid* masing masing.

## REFERENSI

- [1] Sugiono, Agus. (2009). Pemberdayaan Masyarakat dalam Mengelola Potensi Sumber Daya Air melalui Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini/Mikro Hidro. *BPPT*, Jakarta.
- [2] Ramadhan, Agung. (2018). Implementasi Sistem Kendali Beban Elektronik Berbasis Arduino Pada Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Politeknik Negeri Jakarta*, 6-18.
- [4] Sukusno,paulus(2017). Pengembangan sistem PLTMH head rendah berbagai tipe turbin dan memanfaatkan air yang terbuang. laporan penelitian hibah bersaing dikti politeknik negeri jakarta.
- [5] 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*
- [6] S. Ayu, S. Ningrum, W. D. Rediyanto, P. Sukusono, and P. Jannus, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Model *Hybrid* Turbin Air Propeller dan Turbin Air *Crossflow*," ... *Tek. Mesin 2021*, pp. 161–167, 2019, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/2014>
- [7] F. Apriansyah *et al.*, "RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO ( PLTMH ) PADA PIPA SALURAN PEMBUANGAN AIR HUJAN VERTIKAL DESIGN OF MICRO-HYDRO POWER PLANT," vol. 3, no. 1, pp. 57–64, 2016.