

# Analisa Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Putaran Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

I Kadek Agus Ardika<sup>1</sup>, Antonius Ibi Weking<sup>2</sup>, Lie Jasa<sup>3</sup>

[Submission: 09-05-2019, Accepted: 30-06-2019]

**Abstract**—crew Turbine is a turbine that has just been studied. The working principle of this turbine screw is based on a screw pump system which functions to lift water from the river to the surface. The turbine screw is basically the return of the screw pump. To obtain an experimental study of the maximum output produced by a PLTMH using a turbine screw, the research is very difficult to apply in real conditions, and problems with screw turbines are made about the effect of blade distance (10 cm, 12 cm and 15 cm) on efficiency, voltage, current and power on the MHP using a screw turbine. Therefore the research will use a screw turbine prototype on a laboratory with micro power plants. In this study the best measurement at a distance of 21 cm blade with an angle of 280, where the voltage, current, and output power generated by the generator is 129.4 Volts loaded with 60 Watt, No load 162.7 Volts, the current generated is 0.1774 Ampere and the power produced is 22.9 Watts. For generator rotation speed that is equal to 7054 rpm, while turbine rotation speed generated at pressure is equal to 589 rpm before coupling with generator and 318 rpm after coupling with generator, the efficiency obtained in this PLTMH modeling test is at a distance of 22 cm blade with angle slope 280 that is equal to 24.5%.

**Intisari**—Turbin Ulir merupakan turbin yang baru diteliti. Prinsip kerja turbin *screw* ini didasari atas sistem pompa *screw* yang berfungsi mengangkat air dari sungai menuju permukaan. Turbin *screw* pada dasarnya merupakan kebalikan dari pompa ulir. Untuk mendapatkan kajian eksperimental hasil output maksimal yang dihasilkan oleh sebuah PLTMH menggunakan turbin *screw* maka penelitian sangat sulit diterapkan dikondisi riil, dan permasalahan mengenai turbin ulir yang dibuat bagaimana pengaruh jarak sudu (10 cm, 12 cm dan 15 cm) terhadap efisiensi, tegangan, arusdaya pada PLTMH dengan menggunakan turbin ulir. Oleh sebab itu penelitian akan menggunakan *prototype* turbin ulir (*screw*) pada PLTMH bersekala laboratorium. Dalam penelitian ini pengukuran terbaik pada jarak blade 21 cm dengan kemiringan sudut 28<sup>0</sup>, dimana tegangan, arus, dan daya output yang dihasilkan

yaitu sebesar 7054 rpm, sedangkan kecepatan putaran turbin yang dihasilkan pada tekanan yaitu sebesar 589 rpm sebelum dikopel dengan generator dan 318 rpm setelah dikopel dengan generator, efisiensi yang diperoleh pada pengujian pemodelan PLTMH ini adalah pada jarak blade 22 cm dengan kemiringan sudut 28<sup>0</sup> yaitu sebesar 24,5%.

**Kata Kunci**—PLTMH, , Jarak sudu, Efisiensi, Turbin Ulir

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan *energy* listrik di Indonesia saat ini masih didominasi oleh *energy* yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara, kerugian bahan bakar adalah sifatnya yang tidak ramah lingkungan. Hasil dari pembakaran bahan bakar fosil adalah CO<sub>2</sub> yang merupakan gas rumah kaca dan dapat merusak udara di sekitarnya, karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan potensi sumber-sumber *energy* terbarukan (*Renewable Energy*) yang banyak dimiliki oleh Negara kita Indonesia salah satunya adalah aliran sungai dan irigasi [1].

Potensi aliran sungai/ saluran irigasi dapat dibuat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Adapun jenis turbin yang digunakan pada PLTMH salah satunya yaitu turbin ulir [2]. Turbin ulir merupakan turbin yang baru diteliti, prinsip kerja turbin *screw* ini didasari atas *system* pompa *screw* yang berfungsi mengangkat air dari sungai menuju permukaan. Turbin *screw* pada dasarnya merupakan kebalikan dari pompa ulir, air yang mempunyai *head* tertentu walaupun dengan debit yang rendah mampu memutar turbin *screw* yang akan dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik [3].

Beberapa peneliti sudah mengembangkan penelitian *Archimedian Screw* antara lain mengenai optimasi perancangan *numeric* bentuk geometri ulir [4], menyatakan bahwa rasio kisar optimum bergantung pada jumlah sudu dan rasio radius ( $R_1/R_0$ ) sama dengan 0,54 penelitian dimensi turbin *screw* yang dibuat menggunakan plat 3 mm diameter poros *screw* 20 cm ( $R_1$ ) dan diameter screw 40 cm atau diameter luar ( $R_0$ ), dan turbin *screw* yang di uji sebanyak 3 turbin *screw* dengan perbedaan *pitch*. Jarak *pitch* yang digunakan adalah 1,6  $R_0$ , 2  $R_0$ , dan 2,4  $R_0$ . Sudut kemiringan turbin terhadap aliran debit air atau horizontal sebesar 350. Penelitian selanjutnya pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dibangun menggunakan turbin ulir dengan jumlah balde 1 buah dan jumlah Screw turbin sebanyak 10 buah. Dengan sudut head turbin dari dari

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Lingkungan Anyar, Banjar Anyar, Desa Padangsambian, Kecamatan Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali 80361 INDONESIA (telp: 087753214706; e-mail: ikadekagusardika96@gmail.com)

<sup>2, 3</sup>Dosen, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: tonv@unud.ac.i. <sup>3</sup>Dosen. liejasa@unud.ac.id)

generator yaitu sebesar 129,4 Volt berbeban 60 Watt, Tanpa beban 162,7 Volt, arus yang dihasilkan 0,1774 Ampere dan Daya yang dihasilkan 22,9 Watt. Untuk kecepatan putaran generator



0°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 70°, 80° dan 90°, dimana efisiensi tertinggi didapat pada sudut 40° sebesar 14 % [5]. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh [6] menghitung kemiringan sudut turbin dan menghitung debit dengan simulator DC.

Berdasarkan permasalahan mengenai turbin ulir yang dimuat dalam latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jarak sudu (18 cm, 22 cm dan 25 cm) terhadap efisiensi, tegangan, torsi, arus dan daya pada PLTMH dengan menggunakan turbin ulir Untuk mendapatkan kajian eksperimental hasil output yang dihasilkan oleh sebuah PLTMH menggunakan turbin *screw*, maka penelitian ini sangat sulit diterapkan dikondisi rill. Oleh sebab itu penelitian akan menggunakan *prototype* turbin ulir (*screw*) pada PLTMH bersekala laboratorium dalam penelitian ini akan mengatur jarak sudu pada *prototype* turbin ulir untuk mengetahui hasil output yang dikeluarkan dari *prototype* seperti : arus, tegangan, efisiensi, torsi, dan daya. Dalam penelitian ini diharapkan akan didapatkan hasil yang maksimum dari output yang dihasilkan.

II. DESAIN JARAK SUDU TURBIN ULIR

A. Prinsip kerja PLTMH dan Turbin Ulir

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada prinsipnya adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan turbin dan memutar generator[7].

Prinsip kerja Turbin Ulir yaitu, air dari ujung atas mengalir masuk ke ruang antara kisar *blade screw* (*bucket*) dan keluar dari ujung bawah. Sehingga menimbulkan gaya berat air dan beda tekanan hidrostatis 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 ulir [8].

B. Perencanaan Turbin Ulir

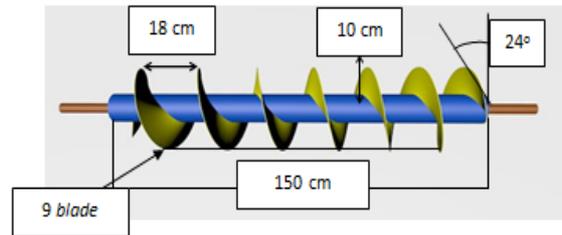
Data yang dapat direncanakan untuk membuat penelitian Turbin Ulir pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan tiga *prototype* turbin yaitu dapat dilihat dalam tabel :

TABELI  
DATA PERENCANAAN TURBIN ULIR

Spesifikasi	Parameter
Berat turbin	20 Kg.
Panjang turbin	150 cm
Sudut turbin	24°,28°,31°
Tebal sudu turbin	0,25 cm
Tinggi sudu turbin	10 cm
Jumlah sudu	9, 7, 6 buah sudu
Diameter Turbin	27 cm
Jarak sudu turbin	18 cm, 22 cm, 25 cm

C. Desain Turbin Ulir Jarak 18 cm

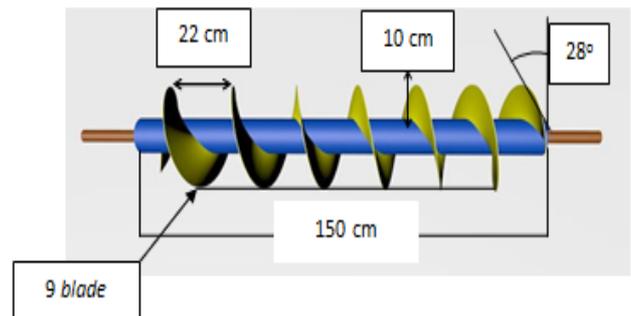
Desain pemodelan *prototype* Turbin Ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dirancang dengan jarak antar *screw* 18 cm, diameter turbin 27cm, panjang turbin 150cm, tebal sudu turbin 0,25 cm, dan tinggi sudu 10 cm.



Gambar 1: Turbin Ulir dengan jarak antar Sudu 18 cm

D. Desain Turbin Ulir Jarak Sudu 22 cm

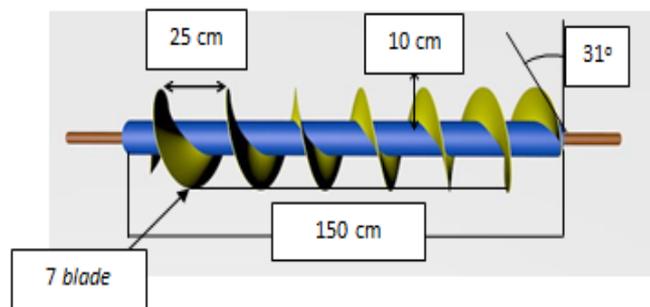
Desain pemodelan *prototype* Turbin Ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dirancang dengan jarak antar *screw* 22 cm, diameter turbin 27cm, panjang turbin 150cm, tebal sudu turbin 0,25 cm, dan tinggi sudu 10 cm.



Gambar 2: Turbin Ulir dengan jarak antar Sudu 22 cm

E. Desain Turbin Ulir Jarak Sudu 25

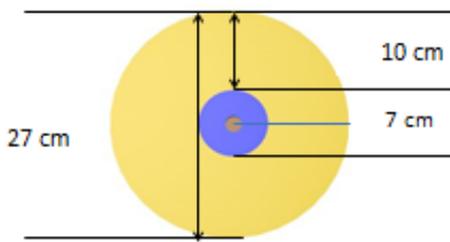
Desain pemodelan *prototype* Turbin Ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dirancang dengan jarak antar *screw* 25 cm, diameter turbin 27cm, panjang turbin 150cm, tebal sudu turbin 0,25 cm, dan tinggi sudu 10 cm.



Gambar 3: Turbin Ulir dengan jarak antar Sudu 25 cm

F. Desain Sudu Turbin Ulir pada PLTMH

Desain pemodelan sudu dengan program komputer dapat digambarkan sebagai berikut :

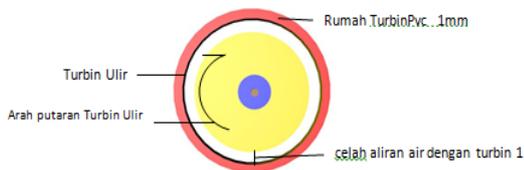


Gambar 4: Sudu Turbin

Terlihat pada gambar sudu turbin ulir pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan diameter lingkaran sudu 27 cm, diameter titik tengah atau tempat pemasangan di rotor berukuran 7cm, tebal sudu 0,25 cm.

**G. Desain celah Air pada Rumah Turbin PLTMH**

Desain pemodelan celah air sudu dengan program komputer dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5: Jarak celah Air Rumah Turbin terhadap Turbin Ulir.

**H. Daya yang dihasilkan Turbin**

Dimana daya yang dihasilkan oleh turbin Archimedes dapat dikur menggunakan persamaan sebagai berikut :

Perhitungan daya hidrolis :

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

Dimana :

- P = Daya hidrolis (Watt)
- $\rho$  = Massa jenis fluida/air ( $\text{kg/m}^3$ )
- Q = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- g = Gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
- h = Head atau tinggi air jatuh (m)

Perhitungan Debit dan Tekanan Air

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume bejana}}{\text{Waktu untuk memenuhi bejana}} \quad (2)$$

Efisiensi yang dihasilkan Turbin

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% \quad (3)$$

Dimana :

- $\eta_{PLTMH}$  = Efisiensi sistem PLTMH
- $P_G$  = Daya Generator
- $P_H$  = Daya Hidrolisis

[9]

I Kadek Agus Adika : Analisa Pengaruh Jarak Sudu ....

Torsi Turbin

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (4)$$

Dimana :

- T = Torsi (Nm)
- P = Daya (Watt)
- n = kecepatan turbin

Untuk mencari jumlah sudu pada turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Z = \frac{L}{S} \quad (5)$$

Dimana :

- Z = Jumlah Ulir
- L = Panjang Turbin
- S = Jarak sudu

Jarak sudu (Pitch)

$$\Lambda = \frac{R_o \cdot \pi}{\tan \theta} \quad (6)$$

Dimana :

- $\Lambda$  = Jarak sudu
- $R_o$  = Diameter luar sudu dari as
- $2\pi$  = Jari- jari sudu

Kemiringan sudut

$$\tan \alpha = \frac{R_o \cdot \pi}{\Lambda} \quad (7)$$

Dimana :

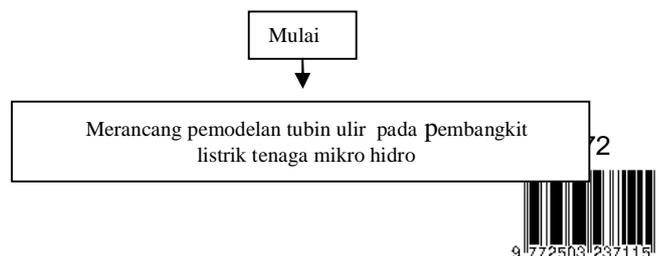
- $\Lambda$  = Jarak sudu
- $R_o$  = Diameter luar sudu dari as
- $2\pi$  = Jari- jari sudu
- $\tan \alpha$  = kemiringan sudut blade

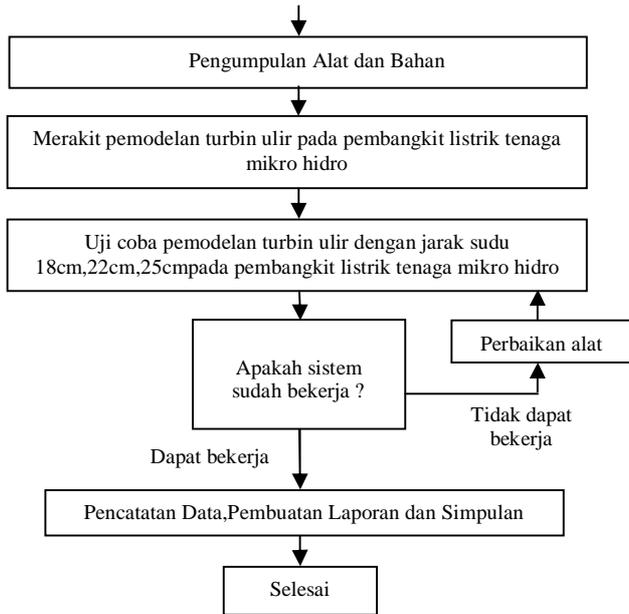
[10]

**III. METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yaitu sebagai berikut :

1. Metode eksperimental, metode ini mengujian performansi serta melakukan pengamatan turbin ulir untuk ketinggian head dengan menggunakan tiga buah prototype turbin ulir dengan jarak blade yang memiliki jarak 18 cm, 22 cm, 25 cm.
2. Metode Kepustakaan adalah metode pengumpulan data dengan cara mempelajari literature-literatur dari beberapa referensi dari buku, maupun dari sumber-sumber yang dapat dipertanggung jawabkan.





Gambar 6: Alur Penelitian Pemodelan PLTMH

Gambar 6 menunjukkan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mulai dari studi pustaka, merancang model sistem PLTMH, menyiapkan bahan serta peralatan, merakit rancangan pemodelan PLTMH, melakukan pengujian PLTMH, mencatat dan menganalisa data

#### A. Merancang pemodelan Turbin Ulir

Desain pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang sudah dirakit dan di desain mejadi satu dalam program komputer .

#### B. Mengumpulkan Alat dan Bahan

Pada proses pengumpulan alat dan bahan , alat – alat yang dipakai dalam penelitian ini seperti obeng (-), (+) , tang kombinasi, kunci pas, alat ukur Multimeter untuk mengukur Arus, Tegangan, Tacho meter untuk mengukur putaran Turbin Ulir dan Kecepatan putaran generator dan, bahan yang digunakan untuk pembuatan *prototype* yaitu seperti besi untuk rangka *prototype* , akrilik untuk membuat rumah turbin, baut untuk menyatukan rangka dengan rumah turbin .

#### C. Merakit Skema Alat Uji

Proses merakit *prototype* pemodelan turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Merakit turbin ulir dengan generator dan menyatukannya ke posisi yang sudah dibuat pada kerangka.
2. Merakit bak penampungan air dengan pompa air untuk pengaliran air di sertai merakit instalasi pipa.
3. Merakit alat ukur yang akan digunakan untuk mencatat data yang akan dihasilkan dalam pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan menggunakan tiga turbin ulir yang berbeda ukuran sudu atau *screwnya*.



Gambar 7: Realisasi alat Penelitian PLTMH

#### D. Proses Uji Coba

Proses uji coba pemodelan turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menguji debit air yang dikeluarkan oleh bak penampung.
2. Menguji arus dan tegangan yang dikeluarkan generator yang diputar oleh tiap-tiap turbin.
3. Menguji daya generator yang dihasilkan oleh putaran tiap-tiap turbin.
4. Menguji kecepatan putaran turbin ulir menggunakan tiga prototype dengan ukuran sudu cm18, 22 cm, 25cm. Realisasi turbin *Archimedes Screw* dibuat menggunakan bahan plat besi. Realisasi dari desain turbin *Archimedes Screw* dengan diameter turbin 26 cm, lebar turbin 10 cm, dengan jarak blade 17 cm, 21 cm, 25 cm.

Gambar 8: Turbin (*Archimedes Screw*)

Jika sistem alat tidak bekerja maka dilakukan perbaikan alat setelah dilakukan perbaikan dilakukan uji coba kembali, jika alat sudah sesuai dengan sistem yang di rancang maka dilakukan ke proses selanjutnya yaitu pencatatan data.

#### E. Proses Pencatatan Data Pemodelan Turbin Ulir

Proses pencatatan data pemodelan turbin ulir pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mencatat data putarn tiap-tiap turbin (rpm) dan putaran generator.
2. Mencatat debit air.
3. Mencatat arus dan tegangan output yang dihasilkan generator.
4. Menyusun data-data yang sudah dicatat dan kemudian disusun menjadi laporan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengukuran dan Perhitungan Tekanan Air dan Debit Air

Pengukuran tekanan air ini bertujuan agar dapat mengetahui pengaruh terhadap putaran turbin, putaran generator, tegangan yang dihasilkan generator, arus yang dihasilkan generator dan daya output yang dihasilkan oleh generator. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur tekanan air ini adalah manometer. Untuk nilai tekanan air yang diberikan adalah 24 psi ini merupakan tekanan yang paling baik setelah dilakukan penelitian sebelumnya. Manometer ini dipasang pada pipa pesat tempat air mengalir menuju turbin.

Pada pengukuran debit air menggunakan metode penampungan air, dalam mengukur debit air menggunakan bak atau *box* penampungan air yang berkapasitas 220 liter. Pengukuran debit air ini disesuaikan dengan pengaturan tekanan air yang diberikan. Pengujian debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Besarnya nilai dari debit air dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut ini :

$$\text{Debit} = \frac{\text{Volume bejana}}{\text{Waktu untuk memenuhi bejana}}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{220 \text{ liter}}{31} \\ &= 7,1 \text{ liter/s} \\ &= 0,0071 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$



Gambar 8: Pengukuram Debit Air

Pada perhitungan di atas merupakan hasil dari pengukuran debit air, berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui debit air diatas merupakan debit air yang terbaik .

##### A. Pengukuran Putaran Turbin

Pengukuran putaran turbin ini bertujuan untuk mengetahui berapa putaran Turbin sebelum dan setelah dikopel dengan generator. Alat yang digunakan untuk mengukur putaran turbin ini yaitu menggunakan tachometer yang ditempelkan pada rotor turbin.



Gambar 9: Pengukuran Putaran Turbin dan Putaran Generator



Gambar 10: Hasil Penunjukan Pengukuran Putaran Turbin

TABEL II  
 PENGUKURAN PUTARAN TURBIN

No	Jarak Blade	Sudut Turbin	Putaran Turbin (rpm)	
			Sebelum dikopel	Setelah dikopel
1	18 cm	28°	330	216
			331	214
			330	217
			332	216
			331	216
2	22 cm	28°	585	315
			587	317
			588	318
			589	319
			590	321
3	25 cm	28°	583	314
			581	302
			580	311
			582	302
			584	308



Jarak 22 cm dengan kemiringan sudut *blade* 28<sup>0</sup> pada saat pengujian hasil putaran yang dihasilkan merupakan hasil tertinggi dengan kecepatan 589 rpm pada saat tidak dikopel dan 318 rpm pada saat turbin di kopel, lengkungan dan jarak *blade* yang dihasilkan juga baik dialiri air sehingga turbin dapat berputar dengan baik, dan jarak *blade* 25 cm dengan kemiringan sudut *blade* 28<sup>0</sup> mengalami peningkatan putaran setelah dilakukan perubahan kemiringan sudut *bladenya* hasil pengukuran menunjukkan 307 rpm, pada posisi jarak *blade* 25 cm dengan kemiringan sudut 31<sup>0</sup> putaran turbin pada saat dilakukan pengujian menunjukkan hasil pengukuran 287 rpm, kenaikan kecepatan di karenakan perubahan bentuk *blade* yang sebelumnya 31<sup>0</sup> menjadi 28<sup>0</sup> membuat lengkungan *blade* menjadi lengkung berbeda dengan kemiringan sudut *blade* 31<sup>0</sup> mengakibatkan air banyak keluar dan membuat turbin kurang maksimal untuk berputar.

**B. Pengukuran dan Perhitungan Putaran Generator**

Putaran generator terjadi pada saat *gear* pada rotor turbin dikopel dengan *gear* yang dipasang pada rotor generator. Setelah dialirkan air pada turbin maka *gear* pada turbin akan berputar, sehingga *gear* pada generator ikut berputar. Pengujian putaran generator bertujuan untuk mengetahui kecepatan putaran (rpm) generator, Padapengukuran putaran generator dilakukan dengan cara menempelkan tachometer pada rotor generator.

TABEL III  
PENGUKURAN PUTARAN GENERATOR

No	Jarak Blade	Sudut Turbin	Putaran generator (rpm)
1	18 cm	28°	3960
			3972
			3960
			3984
			3972
2	22 cm	28°	7020
			7044
			7056
			7068
			7084
3	25 cm	28°	6996
			6972
			6980
			6984
			7008
4	18 cm	24°	4643
			4542
			4573
			4574
6	25 cm	31°	4576
			6708
			6732
			6744
			6744
			6780

Berdasarkan tabel III dapat dilihat bahwa perbandingan putaran generator dari jarak *blade* 18 cm dengan kemiringan sudut *blade* 24<sup>0</sup> pada saat pengukuran menunjukkan hasil putaran 4582 rpm dan pada jarak *blade* 18 cm dengan kemiringan sudut *blade* 28<sup>0</sup> mengalami penurunan pada saat pengujian atau pengukuran pada jarak *blade* tersebut menunjukkan hasil 3969 rpm karena putaran turbin yang telah

dikopel menunjukkan hasil pengukuran yang kecil, untuk jarak *blade* 21 cm dengan kemiringan *blade* 28<sup>0</sup> menunjukkan hasil pengujian kecepatan generator 7054 rpm kecepatan generator ini yang terbaik, sedangkan turbin dengan jarak *blade* 25 cm dengan kemiringan sudut *blade* 31<sup>0</sup> menunjukkan hasil pengukuran 6742 rpm , pengujian dilakukan merubah kemiringan sudut turbin dari 31<sup>0</sup> menjadi 28<sup>0</sup> dengan jarak yg sama pada pengujian putaran generator yg di hasilkan 6988 rpm meningkat dari turbin dengan sudut kemiringan 31<sup>0</sup>.

**C. Pengukuran Tegangan, Arus, Daya Generator**

Pengukuran tegangan ini menggunakan alat ukur Multimeter digital, tujuan pengukuran tegangan pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini bertujuan untuk mengetahui berapa tegangan output yang dikeluarkan oleh generator setelah dikopel dengan turbin pada pemodelan PLTMH yang dibuat. generator ini diberikan tekanan air 24 psi untuk memutar turbin yang sudah dikopel dengan generator.



Gambar 11: Gambar pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Generator



Gambar 12: Penunjukan Hasil pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Generator

TABEL IV  
 PENGUKURAN TEGANGAN GENERATOR

No	Jarak Blade	Sudut blade	Tegangan Generator (V)	
			Tanpa Beban	Berbeban 60 watt
1	18 cm	28°	91,7	70,8
			91,1	70,7
			91,2	70,2
			91,1	70,4
			91,2	70,9
2	22 cm	28°	162,5	129,1
			162,5	129,2
			162,7	129,3
			162,8	129,5
			163,8	129,7
3	25 cm	28°	132,4	106,6
			132,5	106,3
			132,4	106,9
			132,3	106,2
			132,8	106,5
4	18 cm	24°	105,0	81,2
			106,2	82,3
			105,3	81,8
			105,4	81,9
			106,4	81,9
6	25 cm	31°	125,9	100,0
			125,2	100,3
			125,6	100,5
			125,8	100,6
			125,9	100,9

Berdasarkan tabel IV dapat dilihat bahwa tegangan pada ketiga turbin dengan tekanan air 24 psi menunjukkan hasil pengujian yang berbeda, hasil torsi tertinggi ditunjukkan oleh turbin dengan jarak 22 cm dengan kemiringan sudut 28°, dalam pengujian ada dua turbin yang dirubah kemiringan sudutnya di karenakan sudut 28° itu ialah hasil pengukuran tertinggi maka, dilakakukan perubahan pada turbin dengan jarak blade 18 cm dengan sudut yang berbeda dengan tekanan air yang sama yaitu 24 psi , pada sudut 24° tegangan hasil pengukuran menunjukkan 105,7 Volt tanpa beban dan berbeban 81,8 Volt dan setelah melakukan perubahan kemiringan sudut menjadi 28° tegangan menjadi menurun pada pengukuran menunjukkan hasil 91.3 Volt tanpa beban dan 70, 6 Volt dalam keadaan kondisi berbeban. Penurunan itu terjadi karena putaran turbin tidak maksimal membuat putaran generator melambat.

#### D. Pengukuran Arus Generator

Pengukuran arus generator pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini bertujuan untuk mengetahui berapa arus yang dihasilkan masing-masing turbin dengan jarak yang berbeda jika dikopel dengan generator, pengukuran arus pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini menggunakan beban sebesar 60 watt dengan alat ukur yang digunakan adalah alat ukur multimeter digital. Dalam pengukuran arus generator ini diberikan tekanan air 24 psi untuk memutar turbin yang sudah dikopel dengan generator.

TABEL V  
 PENGUKURAN ARUS GENERATOR

No	Jarak Blade	Sudut blade	Arus Generator (A)	
			Tanpa Beban	Berbeban 60 watt
1	18 cm	28°	0	0,1440
			0	0,1442
			0	0,1441
			0	0,1442
			0	0,1444
2	22 cm	28°	0	0,1773
			0	0,1773
			0	0,1774
			0	0,1775
			0	0,1777
3	25 cm	28°	0	0,1759
			0	0,1754
			0	0,1757
			0	0,1753
			0	0,1758
4	18 cm	24°	0	0,1546
			0	0,1557
			0	0,1567
			0	0,1567
			0	0,1578
6	25 cm	31°	0	0,1737
			0	0,1739
			0	0,1738
			0	0,1738
			0	0,1732

Berdasarkan tabel V dapat dilihat bahwa perbandingan pengaruh jarak blade antara turbin berjarak 18 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, jarak blade 22 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, dan jarak blade 25 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, untuk membandingkan hasil pengukuran menggunakan turbin dengan jarak blade yang sama tetapi sudut kemiringan blade nya berbeda yaitu 24°, 28°, 31°, hasil pengukuran menunjukkan perbedaan arus yang terjadi pada jarak blade 18 cm dengan sudut kemiringan blade 24° hasil pengukuran, 1563 A, untuk jarak blade 18 cm dengan kemiringan blade 28° mengalami penurunan arus, pada saat pengukuran didapatkan hasil 0,1441A di karenakan putaran turbin yang menurun serta perubahan kemiringan sudut blade dari 24° menjadi 28° sehingga membuat sudut blade menjadi terbuka air yang mengalir pada blade-bladenya kurang sempurna dengan jarak yang kurang panjang ialah berjarak 18 cm.

#### E. Perhitungan Daya Generator

Pengukuran daya generator pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan turbin Archimedes screw dengan jarak blade 18 cm dengan sudut kemiringan blade 24°, jarak blade 22 cm dengan sudut kemiringan blade 28°, jarak blade 25 cm dengan sudut kemiringan blade 31° dan jarak blade 18 cm dengan sudut kemiringan blade 28°, 22 cm dengan sudut kemiringan blade 28°, 25 cm dengan sudut kemiringan blade 28° ini bertujuan untuk mengetahui daya yang dikeluarkan oleh generator setelah dikopel dengan turbin.



TABELVI  
PERHITUNGAN DAYA GENERATOR

No	Jarak Blade	Sudut blade	Daya (Watt)	
			Tanpa Beban	Berbeban 60 watt
1	18 cm	28°	0	10,2
			0	10,2
			0	10,1
			0	10,2
			0	10,2
2	22 cm	28°	0	22,9
			0	22,9
			0	22,9
			0	22,9
			0	23
3	25 cm	28°	0	18,7
			0	18,6
			0	18,8
			0	18,6
			0	18,7
4	18 cm	24°	0	12,6
			0	12,8
			0	12,8
			0	12,8
			0	12,9
6	25 cm	31°	0	17,3
			0	17,4
			0	17,5
			0	17,5
			0	17,5

Berdasarkan tabel VI dapat dilihat bahwa perbandingan daya dengan pengaruh jarak blade antara turbin berjarak 18 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, jarak blade 22 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, dan jarak blade 25 cm dengan kemiringan sudut blade 28°, untuk membandingkan hasil pengukuran menggunakan turbin dengan jarak blade yang sama tetapi sudut kemiringan blade nya berbeda yaitu 24°, 28°, 31°, hasil pengukuran menunjukkan perbedaan daya yang terjadi pada jarak blade 18 cm dengan sudut kemiringan blade 24° hasil pengukuran 12,8 Watt , untuk jarak blade 18 cm dengan kemiringan blade 28° mengalami penurunan daya , pada saat pengukuran didapatkan hasil 10,8 Watt, di karenakan puataran turbin yang menurun serta perubahan kemiringan sudut blade dari 24° menjadi 28° sehingga sudut blade menjadi terbuka air yang mengalir pada blade-bladenya kurang sempurna dan jarak yang pendek membuat aliran air semakin cepat berpindah dari blade 1 ke blade lainnya, membuat hasil kali antara Arus dan Tegangan menjadi menurun karena perubahan kemiringan sudut blade .

F. Perhitungan Daya Hidrolis

Pada pengukuran yang dilakukan pada pengujian PLTMH dengan input tekanan air yang berbeda-beda ini maka akan didapatkan daya hidrolis. Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir. Berikut ini adalah perhitungan daya hidrolis dengan menggunakan persamaan 1 :

Adapun hasil perhitungan daya hidrolis  

$$P = 1000 \times 9,81 \times 0,0071 \times 1,34 = 93,3 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa, dimana daya hidrolis ini dipengaruhi oleh head atau tinggi air yang jatuh. Sehingga semakin tinggi head dan massa fluida yang beasr, serta di pengaruhi oleh gaya gravitasi membuat aliran

debit air menghasilkan tekanan gaya dorong yang tinggi untuk mendapatkan daya hidrolis yang besar.

G. Perhitungan Efisiensi Pada Pemodelan PLTMH Menggunakan Turbin Archimedes Screw

Pada pengukuran yang dilakukan pada pengujian pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan input tekanan air 24 psimaka akan didapatkan efisiensi dari sistem pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan 3 turbin Archimedes screw. Berikut ini adalah perhitungan efisiensi yang diperoleh dari daya output dibagi dengan daya input sesuai persamaan 3.

TABELVII  
PERHITUNGAN EFISIENSI PLTMH

No	Tekanan (psi)	Jarak (cm) dan Sudut (°)	Daya Generator (Watt)	Daya Hidrolis (Watt)	Efisiensi sistem PLTMH (%)
1	24	18 cmdan 28°	10,8	93,3	11,6
2	24	22 cm dan 28°	22,9	93,3	24,5
3	24	25 cm dan 28°	18,8	93,3	20,4
4	24	18 cm dan 24°	12,8	93,3	13,7
5	24	25 cm dan 31°	17,6	93,3	18,6

Berdasarkan tabel VII dapat dilihat bahwa efisiensi pada ketiga turbin dengan tekanan air 24 psi menunjukkan hasil pengujian yang berbeda, hasil efisenis tertinggi ditunjukan oleh turbin dengan jarak 22 cm dengan kemiringan sudt 28°, dalam pengujian ini ada dua turbin yang dirubah kemiringan sudutnnya di karenakan sudut 28° itu ialah hasil pengukuran tertinggi maka, dilakakukan perubahan pada turbin dengan jarak 18 cm dengan sudut yang berbeda dengan tekanan air yang sama yaitu 24 psi , pada sudut 24° efisiensi hasil perhitungan menunjukkan 18,1 % dan setelah melakukan perubahan kemiringan sudut menjadi 28° efisiensi menjadi menurun pada perhitungan menunjukkan hasil 11,6%.

H. Perhitungan Torsi pada Pemodelan PLTMH Menggunakan Turbin Archimedes Screw

Pengukuran yang dilakukan pada pengujian pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan input tekanan air 24 psi dan dengan menggunakan 3 buah turbin dengan jarak antar blade-bladenya berbeda dan kemringingan sudut yang di rubah , maka akan didapatkan torsi turbin saat dikopel dengan generator dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini sesuai dengan persamaan 4.

TABELVIII  
PERHITUNGAN TORSI PLTMH

No	Jarak (cm)	Sudut	Tekanan (psi)	Torsi (Nm)
1	18	28°	24	0,47
2	22	28°	24	0,68
3	25	28°	24	0,58
4	18	24°	24	0,55
5	25	31°	24	0,57

Berdasarkan tabel VIII dapat dilihat bahwa torsi pada ketiga turbin dengan tekanan air 24 psi menunjukkan hasil

pengujian yang berbeda, hasil torsi tertinggi ditunjukkan oleh turbin dengan jarak 22 cm dengan kemiringan sudut  $28^{\circ}$ , dalam pengujian ada dua turbin yang dirubah kemiringan sudutnya di karenakan sudut  $28^{\circ}$  itu ialah hasil pengukuran tertinggi maka, dilakakukan perubahan pada turbin dengan jarak *blade* 18 cm dengan sudut yang berbeda dengan tekanan air yang sama yaitu 24 psi, pada sudut  $24^{\circ}$  torsi hasil perhitungan menunjukkan 0,552 Nm dan setelah melakukan perubahan kemiringan sudut menjadi  $28^{\circ}$  torsi menjadi menurun pada perhitungan menunjukkan hasil 0,478 Nm. Penurunan itu terjadi karena putaran turbin tidak maksimal membuat putaran generator melambat.

I. Rata-rata Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran dari parameter yang telah diukur pada pemodelan PLTMH ini dapat dilihat pada tabel

TABEL IX  
 RATA-RATA PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN PLTMH

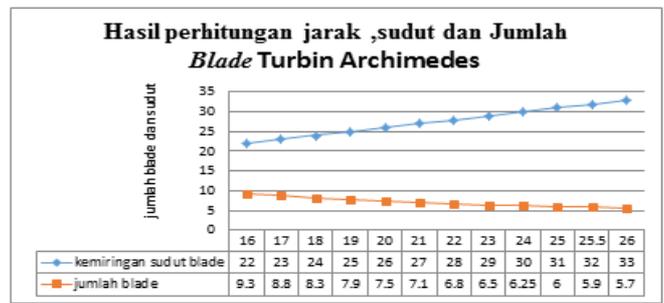
Jarak Turbin	Sudut turbin	Putaran Turbin (rpm)		Putaran Generator (rpm)	Tanpa Beban			Beban		
		Sebelum dikopel	Setelah dikopel		Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
18 cm	$28^{\circ}$	331	216	3969	91,3	0	0	70,6	0,1441	10,8
22 cm	$28^{\circ}$	589	318	7054	162,7	0	0	129,4	0,1774	22,9
25 cm	$28^{\circ}$	582	307	6988	132,5	0	0	106,5	0,1756	18,7
18 cm	$24^{\circ}$	383	222	4582	105,7	0	0	81,8	0,1563	12,8
22 cm	$28^{\circ}$	589	318	7054	162,7	0	0	129,4	0,1774	22,9
25 cm	$31^{\circ}$	562	287	6742	125,9	0	0	100,5	0,1737	17,4

J. Perhitungan Jarak Blade, Kemiringan sudut Blade, dan Jumlah Blade Pada Pemodelan PLTMH Menggunakan Turbin Archimedes Screw

Posisi jarak antar *blade* turbin ulir pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini dapat di hitung dalam persamaan 5, 6 dan 7, perhitungan jarak *blade* sangat berpengaruh terhadap nilai dari parameter-parameter yang diukur.

TABEL X  
 PERHITUNGAN JARAK BLADE, SUDUT BLADE, JUMLAH BLADE PADA TURBIN ARCHIMEDES

No	Jarak (cm)	Sudut Blade	Jumlah Blade
1	16	$22^{\circ}$	9,3
2	17	$23^{\circ}$	8,8
3	18	$24^{\circ}$	8,3
4	19	$25^{\circ}$	7,9
5	20	$26^{\circ}$	7,5
6	21	$27^{\circ}$	7,1
7	22	$28^{\circ}$	6,8
8	23	$29^{\circ}$	6,5
9	24	$30^{\circ}$	6,25
10	25	$31^{\circ}$	6
11	25,5	$32^{\circ}$	5,9
12	26	$33^{\circ}$	5,7



Gambar 13 Grafik hasil Perhitungan jarak Blade, Sudut Blade, Jumlah Blade pada turbin Archimedes

Berdasarkan tabel X dan gambar 13 dapat dilihat bahwa hasil perhitungan jarak *blade*, sudut *blade*, dan jumlah *blade* semakin panjang jarak maka kemiringan sudut *blade* semakin besar dan sebaliknya jumlah *blade* pada turbin Archimedes berkurang, pada pemodelan pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ini menggunakan 3 buah turbin dengan jarak *blade* dari 18 cm kemiringan sudut blade  $24^{\circ}$  dengan panjang poros 150 cm dengan jumlah 8 buah *blade*, jarak 22 cm kemiringan sudut *blade*  $28^{\circ}$  dengan panjang poros 150 cm dengan jumlah 7 buah *blade*, dan jarak 25 cm kemiringan sudut blade  $31^{\circ}$  dengan panjang poros 150 cm dengan jumlah 6 buah *blade* di karenakan perhitungan secara teori dengan pembuatan alat mudah di realisasikan mengingat selisih dari perhitungan sangat sedikit dan mudah melakukan pembentukan.

V. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian perubahan jarak *blade* dengan tekanan air 24 psi pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan turbin Archimedes screw ini, didapatkan nilai hasil pengukuran terbaik pada jarak *blade* 21 cm dengan kemiringan sudut  $28^{\circ}$ , dimana tegangan, arus, dan daya output yang dihasilkan generator yaitu sebesar 129,4 Volt berbeban 60 Watt, tanpa beban 162,7 Volt, arus yang dihasilkan 0,1774 Ampere dan daya yang dihasilkan 22,9 Watt. Untuk kecepatan putaran generator yaitu sebesar 7054 rpm, sedangkan kecepatanputaran turbin yang dihasilkan pada tekanan yaitu sebesar 589 rpm sebelum dikopel dengan generator dan 318 rpm setelah dikopel dengan generator.
2. Efisiensi terbesar yang diperoleh pada pengujian pemodelan PLTMH ini adalah pada jarak *blade* 22 cm dengan kemiringan sudut  $28^{\circ}$  yaitu sebesar 24,5%, sedangkan efisiensi terendah terjadi pada jarak blade 18 cm dengan kemiringan sudut *blade*  $28^{\circ}$  yaitu sebesar 11,6 %. Peningkatan dan penurunan efisiensi dikarenakan jumlah *blade*, jarak *blade*, dan kemiringan sudut *blade* semakin panjang jarak *blade* air yang mengalir semakin lama air memutar blade dan sebaliknya semakin pendek jarak *blade* dengan sudut yang lebih besar maka air banyak yang keluar dari sirip



*blade* dan langsung mengalir ke talang turbin sehingga putaran turbin tidak menjadi maksimal.

3. Torsi yang dihasilkan pada pengujian pemodelan PLTMH dengan melakukan perubahan jarak *blade* dengan tekanan air 24 psi menyebabkan torsi yang dihasilkan berbeda-beda. Berdasarkan hasil pengujian, maka untuk menghasilkan torsi yang mampu memutar generator agar generator dapat menghasilkan tegangan, arus, dan daya yang besar pada pemodelan PLTMH dengan menggunakan 3 turbin yang berbeda ini adalah dengan menggunakan turbin dengan jarak *blade* 22 cm dengan kemiringan sudut *blade*. Torsi yang dihasilkan pada saat pengujian yaitu sebesar 0,68 Nm.

#### REFERENSI

- [1] Bahri, A. 2017. Merancang dan Mengimplementasikan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Universitas Udayana *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 16, (Mei – Agustus) : 43- 47
- [2] Saroinsing, T., Thomas, A.Mekel, A.,N. 2017. Desain dan Pembuatan Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro. *ISSN 2447-2097*. Vol. 3 2017 : 159-169.
- [3] Saefudin, E., Kristiyadi, T., Rifki,M., Arifin,S. 2017 Turbin Screw untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Hijau*, Vol. 1 (Oktober) 2017 : 223-244.
- [4] Rorres,C. 2000. *The Trun Of The Screw : Optimal Design Of AN Archimedes Screw*. *Journal of Hydraulic Engineering*,Vol. 126 (Januari) : 72-80.
- [5] Juliana, I., P., Weking, A., I., Jasa, L. 2018 Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17, No. 3, (September – Desember) 2018 : 393-400
- [6] Syahputra, M.T. 2017. Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Menggunakan Turbin Ulir. *e-ISSN 2252-7036*, Vol. 2 (Juni) : 16 – 22.
- [7] Havendri, A., Arnif,I. 2010. Kaji Eksperimental Penentuan Sudut Ulir Optimum Pada Turbin Ulir Untuk Data PerencanaanTurbin Ulir Pada Pusat Listrik Tenaga MikroHidro (PLTMH) Dengan Head Rendah. *Seminar Tahunan Tekni kMesin (SNTTM)*, Vol. 9 (Oktober) : 273-277.
- [8] Setiarso, M., A., Widiyanto, W., Purnomo, S., N. 2017. Potensi Tenaga Listrik dan Penggunaan Turbin Ulir Untuk Pembangkit Skla Kecil di Saluran Irigasi Banjar cahyana. *p-ISSN1858-3075*, Vol. 1 : 19-27.
- [9] Widnyana, I., G., Weking, A., I., Jasa, L. Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17, No. 3, (September – Desember) 2018 : 1- 10
- [10] Wie,S.D.,AgungA.I. 2018. Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *JurnalTeknik Elektro*,Vol.7 (Januari) : 31-36.