

# PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU TERHADAP DAYA OUTPUT PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN CROSSFLOW

Putu Andi Dinata<sup>1</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>2</sup>, I Made Suartika<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unud

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unud

Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

E-mail : [andidinata38@gmail.com](mailto:andidinata38@gmail.com)<sup>1</sup>

## Abstrak

Turbin *Crossflow* merupakan jenis turbin yang sering digunakan sebagai penggerak mula dalam sistem PLTMH. Turbin jenis ini memiliki keunggulan dapat diaplikasikan pada *head* rendah dengan debit air yang tinggi. Daya *output* dari turbin ini dipengaruhi oleh jumlah sudu yang dipasang pada *runner* turbin. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian eksperimental terhadap jumlah sudu yang digunakan pada turbin *crossflow* untuk mendapatkan daya *output* maksimum. Variasi jumlah sudu yang digunakan berjumlah 10, 14, 18, 22 dan 26 buah. Penelitian ini menggunakan metode pembuatan *prototype* PLTMH dengan turbin *crossflow* dan melakukan pengujian secara langsung terhadap *prototype*. Dimana dari hasil perhitungan secara langsung yang dilakukan, didapatkan bahwa turbin dengan jumlah sudu 18 memiliki efisiensi tertinggi dengan nilai 8,52%.

Kata Kunci : PLTMH, *Crossflow*, Sudu, Arus, Tegangan, Torsi, *Prototype*

## Abstract

*Crossflow turbine is a type of turbine that often used as a prime mover in MHP system. this type of turbine has an advantage witch can be applied in low head with high water discharge. The output power from this turbine is effected by the number of blades that installed on the turbine runner. The aim of this study is to hold an experimental study of the number of blade that used on crossflow turbine to get the maximum output power. The number of blade that used is 10, 14, 18, 22, and 26 blades. Where from the result of calculations, it is found that turbine with number of blades 18 has the highest efficiency with a value of 8,52%.*

Keywords : *Microhydro, Crossflow, Blades, Current, Voltage, Torque, Prototype*

## 1. PENDAHULUAN

Kemampuan pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) di Indonesia mencapai 443.208 MW, tetapi pemanfaatannya baru mencapai sekitar 1,9% dari total potensi kapasitas yang mampu dibangkitkan. Kapasitas PLTMH yang terpasang di Indonesia saat ini baru mencapai 197,4 MW atau sekitar 1,0 % dari potensi kapasitas yang mampu dibangkitkan [7].

Potensi mikrohidro di Bali cukup besar dan sudah dilakukan penelitian yang membahas mengenai potensi dan kemajuan energi baru terbarukan (EBT) di Bali dengan hasil pengembangan mikrohidro di Bali

memiliki potensi kapasitas yang direncanakan total sebesar 29,0 MW [2]. Kemudian, penelitian yang membahas mengenai pembangkit listrik tenaga mikro hidro untuk daerah Bali untuk menghasilkan energi ramah lingkungan dan berkelanjutan membahas mengenai pengembangan PLTMH di Sungai Tiyang Tali yang berpotensi menghasilkan kapasitas pembangkitan sebesar 82 kW [5]. Kemudian, penelitian mengenai studi perencanaan pembangkit listrik mikrohidro di desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali menghasilkan perencanaan PLTMH pada sungai Tiyang Tali menggunakan turbin jenis *crossflow*, generator sinkron dengan kapasitas 132 kVA yang dilengkapi dengan

ELC dan *ballast load* berkapasitas 157 kVA [10].

Dalam realisasi penerapan PLTMH dilapangan pemilihan jenis turbin yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem PLTMH itu sendiri. Salah satu jenis turbin yang baik digunakan untuk sistem PLTMH adalah turbin *crossflow*. Turin ini efektif pad *ahead* aliran sungai yang rendah akan tetapi memerlukan debit air yang tinggi. Konstruksi dari turbin jenis ini dapat dikatakan sederhana, ekonomis dan mudah dipelajari teknologinya. Efisiensi dari turbin itu sendiri dipengaruhi oleh desain dari turbin yang digunakan [12]. Penelitian ini akan dilakukan analisis performa turbin *crossflow* dengan variasi jumlah sudu. Sudu sangat berpengaruh terhadap performasi dari turbin. Sulitnya menganalisis karakteristik turbin secara langsung dilapangan, maka peneliti membuat sebuah *prototype* turbin *crossflow* untuk mendapatkan karakteristik pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi, tegangan, arus, dan putaran pada pemodelan PLTMH ini.

Harapan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi masyarakat sebagai referensi desain dari pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) jenis turbin *crossflow* berdasarkan karakteristik yang didapatkan dari variasi jumlah sudu yang digunakan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Turbin Crossflow

Turbin *crossflow* turbin air yang digolongkan kedalam turbin impuls. Prinsip kerja dari turbin ini adalah ketika air masuk melalui pipa yang dimana aliran air pada *inlet* turbin dapat diatur oleh *guide vane* yang berfungsi sebagai nozzel. Air yang masuk kedalam *runner* mengenai sudu dua kali. Tahap pertama atau *first stage*, air mengenai sudu dekat dengan *inlet* dan tahap kedua dimana air akan mengenai sudu dekat dengan *outlet* turbin sebelum meninggalkan turbin. Sehingga pada keadaan ini air yang mengenai sudu dekat dengan *outlet* turbin dapat memberikan gaya tambahan agar *runner* turbin dapat berputar lebih cepat [1].

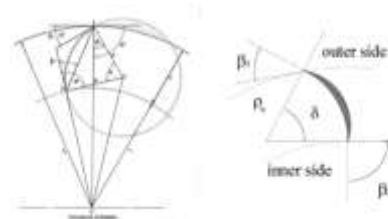
### 2.2. Konstruksi Turbin Crossflow

Konstruksi dari turbin ini lebih sederhana daripada turbin impuls jenis

lainnya. Adapun konstruksi dari turbin *crossflow* adalah sebagai berikut.

- a. Rumah Turbin
- b. *Guide Vane*
- c. *Runner*
- d. *Casing*
- e. Katup Udara
- f. *Draft Tube*

### 2.3 Parameter Sudu Turbin Crossflow



Gambar 2. Parameter pada Sudu Turbin Crossflow

Nilai lebar dari sudu ditentukan oleh diameter luar dari *disc runner*, sehingga lebar dari sudu turbin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [3] :

$$a = 0,17D \dots\dots\dots (1)$$

Nilai dari jari-jari sudu dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut [3] :

$$\rho_r = 0,366r_1 \dots\dots\dots (2)$$

Jarak antar sudu pada *disc* turbin *crossflow* dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [8] :

$$K = \frac{\pi D}{N} \dots\dots\dots (3)$$

Sudut kelengkungan *inlet* dan *outlet* dari sudu ditentukan dengan parameter  $\beta_1$  dan  $\beta_2$ , dimana nilai  $\beta_1$  sebesar  $16^\circ$  dan nilai  $\beta_2$  sebesar  $30^\circ$  [13].

Keterangan :

- a = Lebar Sudu (m)
- D = Diameter Luar dari turbin (m)
- $\rho_r$  = Jari – jari sudu (m)
- K = Jarak antar sudu (m)
- $r_1$  = Jari – jari dari diameter dalam turbin (m)
- N = Jumlah sudu

### 2.4 Daya dan Efisiensi

#### 2.4.1 Daya Hidrolis

Debit air merupakan besar volume aliran air dalam satuan waktu. Debit air ditentukan dengan persamaan [4] :

$$Q = V/t \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)
- V = Volume tempat penampungan (m<sup>3</sup>)
- t = waktu (s)

Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang diberikan oleh air ke semua arah pada titik ukur manapun akibat adanya gaya gravitasi [11] :

$$P_{hidrostatik} = \rho gh \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- $P_{hidrostatik}$  = Tekanan air (Pa atau N/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- $h$  = ketinggian permukaan air (m)

Daya Hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa [8].

$$P_H = \rho g Q h \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- $P_H$  = Daya Hidrolis (Watt)
- $\rho$  = massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

Daya *output* listrik merupakan daya keluaran dari generator yang didapatkan menggunakan persamaan berikut [9].

$$P_G = V \cdot I \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- $P_G$  = Daya Generator (Watt)
- V = Tegangan Generator (Volt)
- I = Arus Generator (A)

**2.4.2 Momen Gaya Rotasi (Torsi)**

Torsi adalah gaya pada gerak translasi menunjukkan kemampuan sebuah gaya untuk membuat benda melakukan gerak rotasi/berputar. Torsi dapat diperoleh dari hasil bagi antara daya keluaran (Watt) dengan banyaknya putaran per detiknya (rps) [8].

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- T = Torsi (Nm)
- P = Daya Listrik (Watt)
- N = Banyaknya Putaran Mesin (rpm)

**2.4.3 Efisiensi**

Efisiensi dari sistem PLTMH digunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- $\eta_{PLTMH}$  = Efisiensi Sistem PLTMH (%)
- $P_G$  = Daya *Output* Generator (Watt)
- $P_H$  = Daya Hidrolis (Watt)

**3. METODE PENELITIAN**

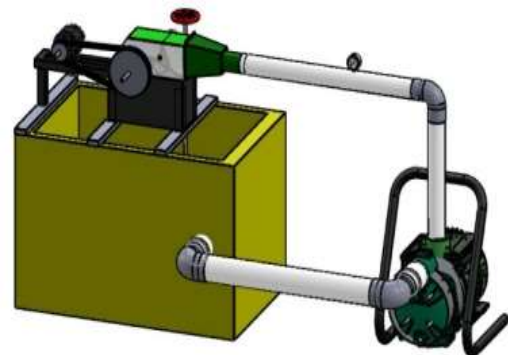
Penelitian dilakukan dalam dua tahapan meliputi perancangan *prototype* PLTMH dan pengujian variasi jumlah sudu terhadap daya *output*. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

- A. Melakukan studi pustaka dari jurnal-jurnal terkait mengenai *prototype* turbin *crossflow* dan rumus-rumus yang berkaitan dalam perencanaan pembuatan turbin *crossflow*.
- B. Membuat perencanaan ukuran dari *prototype* turbin *crossflow* dan desain dengan menggunakan *software* 3D. Tabel 1 merupakan parameter dari variasi sudu yang digunakan pada *prototype* yang akan dibuat.

**Tabel 1.** Parameter Sudu pada *Prototype* PLTMH dengan Turbin *Crossflow*

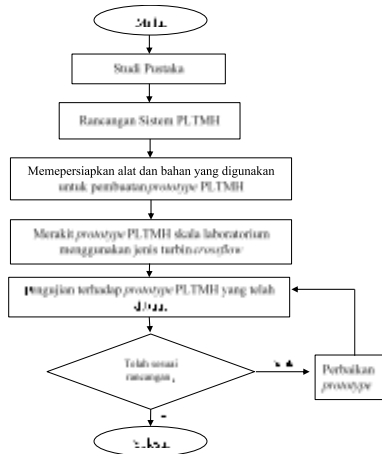
Jumlah Sudu	Nilai Jarak Antar Sudu (m)
<i>Runner</i> Sudu 10	0,0471
<i>Runner</i> Sudu 14	0,0336
<i>Runner</i> Sudu 18	0,0262
<i>Runner</i> Sudu 22	0,0214
<i>Runner</i> Sudu 26	0,0181

- C. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *prototype* turbin *crossflow* dan merakitnya dalam bentuk *prototype* PLTMH.



**Gambar 3.** Desain Pemodelan PLTMH dengan Turbin *Crossflow*

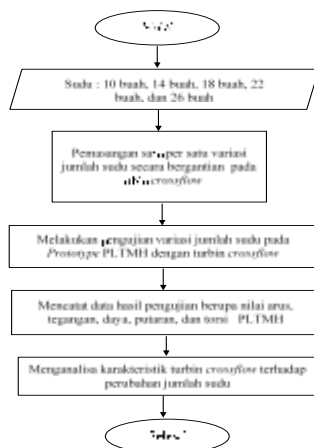
- D. Melakukan pengujian terhadap *prototype* PLTMH. *Prototype* PLTMH berhasil apabila tidak terdapat kebocoran air.



Gambar 4. Diagram Alir perancangan *prototype* PLTMH

Tahap pengujian pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya *output* turbin *crossflow* pada *prototype* PLTMH adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan semua variasi jumlah sudu yang akan diujikan.
- Melakukan pemasangan satu persatu jumlah sudu yang akan di ujikan.
- Mencatat Jumlah putaran, Arus dan Tegangan yang dihasilkan masing-masing jumlah sudu.
- Melakukan analisa perubahan parameter *output* untuk setiap jumlah sudu yang diujikan.



Gambar 5. Diagram Alir Pengujian Variasi Jumlah Sudu Terhadap daya *output* Turbin *Crossflow*

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Realisasi Pemodelan PLTMH Menggunakan Turbin *Crossflow*

Realisasi sistem Pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan turbin *crossflow* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 6. Pemodelan PLTMH ini terdiri dari beberapa bagian yaitu, turbin *crossflow*, bak penampung air, generator, *Pulley* dan *Belt*, Pipa Pesat, Pompa dan manometer.



Gambar 6. Realisasi *Prototype* PLTMH dengan turbin *Crossflow*

Prinsip kerja dari pemodelan PLTMH menggunakan turbin *crossflow* ini adalah air dari dalam *box reservoir* dihisap oleh pompa dan dialirkan menuju rumah turbin (*housing*) melalui pipa pesat. Putran yang dihasilkan oleh turbin akan menghasilkan energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak mula generator. Komponen *pulley* yang terpasang pada poros turbin dan generator yang dikopel dengan *belt* akan mentransmisikan energi mekanik turbin sehingga generator ikut berputar. Perbandingan *pulley* yang digunakan sebesar 1: 7. Artinya ketika *pulley* pada turbin berputar 1 kali maka *pulley* pada generator berputar sebanyak 7 kali. Energi mekanik akan diubah menjadi energi listrik didalam generator.

### 4.2 Data Hasil Pengukuran

Tabel 2 merupakan rata-rata hasil pengukuran yang didapatkan pada saat pengujian *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin *crossflow*.

**Tabel 2.** Rata-Rata Data Hasil Pengukuran

NO	Jumlah Sudu	Putaran Turbin (rpm)		Putaran Generator (rpm)		Tegangan Tanpa Beban (V)	Kondisi Berbeban		
		Sebelum Dikopel Generator	Setelah Dikopel Generator	Tanpa Beban	Berbeban		V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)
1	10	484,1	324,9	2075,5	1874,1	24,19	19,98	0,246	4,915
2	14	522,3	403,8	2757,5	2069,3	30,87	22,61	0,325	7,348
3	18	575,3	497	3280,7	2309	36,59	24,95	0,42	10,479
4	22	545,3	436,9	2892,3	2222,5	32,39	23,74	0,354	8,404
5	26	512,1	400,2	2687,5	2035,8	29,6	21,57	0,314	6,773

**4.2.1 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Putaran Turbin**

Berdasarkan pengujian pengaruh perubahan jumlah sudu terhadap putaran turbin *crossflow* didapatkan grafik hubungan parameter pengujian putaran turbin sebagai berikut.



**Gambar 7.** Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Kecepatan Putar Turbin

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kecepatan putaran turbin terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 10 hingga mencapai nilai maksimum pada jumlah sudu 18, yaitu sebesar 575 rpm sebelum dikopel generator dan 497 setelah dikopel generator. Hal ini terjadi karena sudu 18 memiliki jarak antar sudu paling ideal sehingga energi kinetik air dapat mengenai punggung sudu secara penuh, sehingga putaran maksimum.

**4.2.2 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Putaran Generator**

Berdasarkan pengujian pengaruh perubahan jumlah sudu terhadap putaran generator didapatkan grafik hubungan parameter pengujian putaran generator sebagai berikut.



**Gambar 8.** Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Kecepatan Putar Generator

Berdasarkan gmabr 8 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kecepatan putar generator pada turbin dengan jumlah sudu 10 sampai mencapai maksimum pada turbin dengan sudu 18. Nilai maksimum sebesar 1280,7 rpm untuk kecepatan putar generator sebelum dikopel dengan beban dan 2309 rpm setelah dikopel dengan beban.

**4.2.3 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Tegangan**

Berdasarkan pengujian pengaruh perubahan jumlah sudu terhadap tegangan yang dihasilkan, didapatkan grafik hubungan parameter pengujian tegangan generator sebagai berikut.



**Gambar 9.** Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Tegangan Generator

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai tegangan generator pada turbin dengan jumlah sudu 10 hingga mencapai nilai

maksimum pada jumlah sudu 18 yaitu sebesar 36,59 volt untuk tegangan *output* sebelum dikopel dengan beban dan 24,95 volt setelah dikopel dengan beban. Disisi lain ketika jumlah sudu melebihi 18 buah terjadi penurunan tegangan *output*. Hal ini disebabkan karena nilai tegangan *output* dari generator bergantung dari kecepatan putar generator itu sendiri. Pada sudu 18, generator mencapai tegangan *output* paling tinggi diantara ke empat variasi jumlah sudu yang diujikan.

#### 4.2.5 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Arus

Berdasarkan pengujian pengaruh perubahan jumlah sudu terhadap tegangan yang dihasilkan, didapatkan grafik hubungan parameter pengujian tegangan generator sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Arus Generator

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai arus *output* generator pada turbin dengan jumlah sudu 10 hingga mencapai nilai maksimum pada jumlah sudu 18 yaitu sebesar 0,42. Disisi lain ketika jumlah sudu melebihi 18 buah terjadi penurunan arus *output*. Hal ini disebabkan karena nilai arus *output* dari generator bergantung dari kecepatan putar generator itu sendiri. Pada sudu 18, generator mencapai arus *output* paling tinggi diantara ke empat variasi jumlah sudu yang diujikan.

#### 4.2.6 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Daya

Berdasarkan pengujian pengaruh perubahan jumlah sudu terhadap daya generator didapatkan grafik hubungan parameter pengujian daya generator sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Daya Generator

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai daya *output* pada turbin jumlah sudu 10 hingga mencapai nilai maksimum pada jumlah sudu 18 yaitu sebesar 10,479 watt setelah dikopel dengan beban. Disisi lain ketika jumlah sudu melebihi 18 buah terjadi penurunan daya *output*. Hal ini disebabkan karena nilai daya *output* dari generator bergantung dari tegangan *output* dan arus *output* generator itu sendiri. Semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan generator maka semakin besar pula daya *output* yang dihasilkan, begiyu juga sebaliknya.

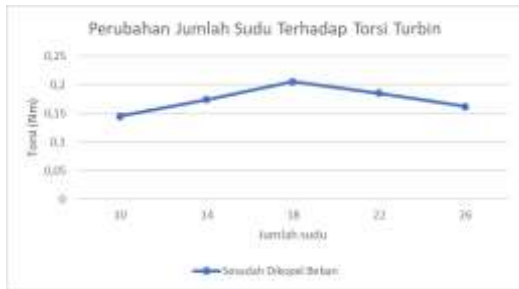
#### 4.2.7 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Torsi

Perhitungan torsi pada penelitian ini menggunakan persamaan 8. Torsi adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut dapat berotasi. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan torsi pada penelitian ini.

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan Nilai Torsi

No	Jumlah Sudu	Torsi (Nm)
1	10	0,145
2	14	0,174
3	18	0,205
4	22	0,185
5	26	0,162

Berdasarkan tabel 3 didapatkan grafik hubungan jumlah sudu terhadap nilai torsi sebagai berikut.



Gambar 12. Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai torsi turbin terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 10 hingga mencapai nilai maksimum pada jumlah sudu 18 yaitu sebesar 0,205 Nm.

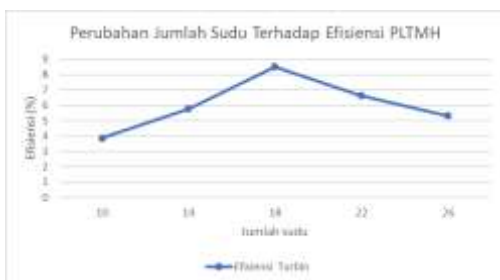
#### 4.2.8 Hubungan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi PLTMH

Perhitungan nilai efisiensi pada pengujian variasi jumlah sudu terhadap efisiensi dari PLTMH ini bertujuan untuk mengetahui dari kelima variasi jumlah sudu yang diujikan sudu mana yang menghasilkan hasil efisiensi maksimum. Dengan menggunakan persamaan 9, didapatkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4 Data Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi

No	Jumlah Sudu	Daya Input (Watt)	Daya Output(Watt)	Efisiensi Sistem PLTMH (%)
1	10	127	4,915	3,87
2	14	127	7,348	5,78
3	18	127	10,479	8,52
4	22	127	8,404	6,62
5	26	127	6,773	5,33

Berdasarkan tabel 4 didapatkan grafik hubungan jumlah sudu terhadap nilai efisiensi sebagai berikut.



Gambar 13. Grafik Perubahan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi

Berdasarkan Gambar 13 dapat dilihat bahwa turbin dengan jumlah sudu 18 menghasilkan efisiensi paling tinggi dikarenakan dikarenakan jarak antar sudu paling baik sehingga energi kinetik dari air secara penuh mengenai punggung sudu yang mengakibatkan daya output generator yang dihasilkan tinggi. Oleh karena itu efisiensi yang dihasilkan turbin juga bernilai maksimum.

#### 5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya output turbin crossflow adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan putar turbin maksimum yang didapatkan pada turbin yang memiliki jumlah sudu 18 adalah 575,3 rpm sebelum dikopel generator dan 497 rpm untuk kondisi setelah dikopel generator. Kecepatan generator rata-rata sebesar 3280,7 rpm sebelum dikopel dengan beban lampu dan 2309 pm setelah dikopel dengan beban lampu.
2. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 24,95 volt, 0,42 amper dan 10,479 watt, Ttosi maksimum sebesar 0,205 Nm pada sudu dengan jumlah 18 buah.
3. Efisiensi terbesar yang diperoleh pada pengujian PLTMH menggunakan turbin crossflow adalah 8,52% pad turbin dengan jumlah sudu 18 buah.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harvey, A. 1993. *Microhydro Design Manual : A Guide to Small-Scale Water Power Schemes*. London : Intermediate
- [2] I. N. S. Kumara, W. G. Ariastina, I. W. Sukerayasa and I. A. D. Giriantari, "On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali," 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Yogyakarta, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [3] Komsah, A., Efrita, A Z. 2015. Analisa Teori : Performa Turbin Crossflow Sudu Bambu 5” sebagai Penggerak Mula Generator Induksi 3 Fasa. *Seminar Sains dan Teknologi Terapan III*, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. ISBN : 978-602-98569-1-0.
- [4] Krishnastana, M A K., Jasa, L., Weking, A I. 2018. Studi Analisis

- Perubahan Debit dan Tekanan Air Pada Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro Vol 17 No 2 Mei-Agustus*.
- [5] Kumara, D. P. D. Suparyawan, W. G. Ariastina, W. Sukerayasa and I. A. D. Giriantari, "Microhydro powerplant for rural area in Bali to generate green and sustainable electricity," 2014 International Conference on Smart Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS), Kuta, 2014, pp. 113-117, doi: 10.1109/ICSGTEIS.2014.7038741.
- [6] Mafirudin, Irawan, D. 2014. Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. *TURBO Vol. 3 no.2*. ISSN 2301-663.
- [7] Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2017. *Rencana Umum Energi Nasional*. Jakarta : Peraturan Presiden Republik Indonesia.
- [8] Putra, I G W. 2018. "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja Turbin Archimedes Screw" (*Skripsi*). Denpasar : Universitas Udayana.
- [9] Purga, A K. 2019. "Rancang Bangun Turbin Aliran Silang (*Crossflow*) Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Desa Talang
- [10] SUPARYAWAN, DPD; KUMARA, INS; ARIASTINA, Wayan G. Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, [S.l.]*, v. 12, n. 2, dec. 2013. ISSN 2503-2372.
- [11] Suryono, E., Nusantara, A E B. 2017. Simulasi Turbin Crossflow Dengan Jumlah Sudu 18 Sebagai Pembangkit Listrik Picohydro. *Jurnal SIMETRIS Vol 8 No 2*. ISSN : 2252-4983.
- [12] Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F. 2019. Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 kW. *Jurnal Surya Energy Vol.3 No.2*. ISSN : 2528-7400.
- [13] Tiwari, M., Shrestha, R. 2017. Effect of Variation of Design Parameters on Crossflow Turbine Efficiency Using ANSYS. *Journal of the Institute of Engineering*. 13(1) : 1-9.