

# PENGARUH VARIASI SUDUT *NOZZLE* TERHADAP KECEPATAN PUTAR TURBIN DAN DAYA *OUTPUT* PADA *PROTOTYPE* PLTMH MENGGUNAKAN TURBIN TURGO

I Putu Bayu Suka Yasa<sup>1</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>2</sup>, I Gusti Ngurah Janardana<sup>3</sup>

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

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

Kampus Bukit, Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

Email: [bayusukayasaa@gmail.com](mailto:bayusukayasaa@gmail.com)<sup>1</sup>, [artawijaya@ee.unud.ac.id](mailto:artawijaya@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [janardana@ee.unud.ac.id](mailto:janardana@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Turbin Turgo adalah turbin impuls yang menggunakan tinggi jatuh air (*head*), kemampuan kecepatan putar *runner* dari turbin turgo dipengaruhi variabel – variabel sebagai berikut tinggi jatuh air (*head*), sudut *nozzle*, jumlah *nozzle*, dan jarak semprot *nozzle*, tetapi terdapat permasalahan yang ada pada turbin turgo salah satunya pada *nozzle* yaitu belum adanya persamaan yang menentukan sudut *nozzle* untuk mendapatkan *output* yang maksimal pada turbin turgo sehingga perlu dilaksanakan uji coba sudut *nozzle* pada turbin turgo. Dikarenakan hal tersebut pelaksanaan penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut *nozzle* dengan menggunakan turbin turgo untuk menghasilkan putaran maksimum pada turbin dan efisiensi tertinggi pada PLTMH. Metode eksperimental kuantitatif yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan dari data primer yang didapatkan. Pengujian *prototype* pada penelitian ini menggunakan variasi sudut *nozzle* 65°, 70°, 75° dengan tekanan 21 psi menggunakan 18 sudu. Berdasarkan penelitian sudut *nozzle* yang terbaik adalah 70° menghasilkan putaran turbin 782,8 rpm sebelum dikopel dan 565,4 rpm sesudah dikopel. Putaran generator sebesar 1062,4 sebelum dikopel beban dan 850,2 sesudah dikopel beban 260 Watt. Tegangan tanpa beban 36,126 Volt dan 8,296 Volt dengan beban lampu 260 Watt. Torsi sebesar 0,123 Nm dan efisiensi sebesar 1,099% rendahnya nilai efisiensi dikarenakan menggunakan perbandingan antara daya hidrolis dengan daya *output* dari generator.

**Kata kunci : Turbin Turgo, Variasi Sudut *Nozzle*, Daya *Output*, Efisiensi**

## ABSTRACT

*Turgo turbine is an impulse turbine that uses a water drop height (head), the ability of the runner rotational speed of a turgo turbine is influenced by the following variables the height of the water drop (head), nozzle angle, number of nozzles, and nozzle spray distance, but there are several problems that exist in the turgo turbine, one of wich is at the nozzle there is no equation that determine the nozzle angle to produces maximum output on the turgo turbine so it is need to test the nozzle angle on the turgo turbine, therefore this reasearch was conducted with the aim of knowing the effect of variations in the nozzle angle by using a turgo turbine to produce maximum rotation of the turbine and the highest efficiency at MHP. The quantitative experimental method is carried out by calculating the primary data obtained. Testing the prototype in this study used a nozzle angle variation 65°, 70°, 75° with preassure 21 psi using 18 blades. Based on the research, the best nozzle angle is 70° wich produces 782,8 rpm turbin rotation before coupling and 565,4 rpm after coupling. The generator rotation is 1062,4 before load coupled and 850,2 after load coupled 260 Watts. The voltage without load is 36,126 Volts and 8,296 Volts with a lamp load of 260 Watts. Torque is 0,123 Nm and Efficiency is 1,099% the low the low efficiency value because using a comparison between hydraulic power and the output power of the generator.*

**Key Words : Turgo Turbine, Nozzle Angle Variation, Output Power, Efficiency**

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah satu diantara negara yang memiliki kekayaan pada sumber energi air tetapi hingga kini pemanfaatannya belum maksimal. Menurut kementerian ESDM potensi PLTM atau PLTMH yang terdapat di Indonesia mencapai 770 MW. Selain potensi PLTM atau PLTMH Indonesia juga memiliki potensi PLTA yang cukup besar diperkirakan hingga 75.000 MW [1].

PLTMH yaitu satu diantara alternatif sumber pembangkit energi terbarukan, ada beberapa klasifikasi turbin yang dipakai sebagai penyedia kebutuhan energi listrik yakni turbin impuls dan turbin reaksi, salah satu jenis turbin impuls adalah turbin turgo.

Terdapat permasalahan pada penelitian sebelumnya dengan turbin turgo yaitu tidak menghitung putaran generator, torsi, tegangan arus dan daya *output* yang dihasilkan generator yang dimana didapatkan pada penelitian sebelumnya daya mekanik ( $P_m$ ) sebesar 282,01 watt pada sudut *nozzle*  $20^\circ$  dan efisiensi total sebesar 31,87% pada sudut *nozzle*  $20^\circ$  [2]. Sehingga perlu dilakukan pengujian pada penelitian ini terhadap sudut *nozzle* pada turbin turgo. Oleh sebab itu akan dirancang sebuah *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo untuk kegiatan pembelajaran di laboratorium agar dapat melakukan pengujian sudut *nozzle* guna menganalisa perubahan sudut *nozzle* terhadap putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, daya, torsi, dan efisiensi tertinggi dengan menggunakan turbin turgo.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Turbin Air

Turbin air merupakan alat sebagai penggerak mula dengan energi air yang digunakan memutar roda turbin. Salah satu bagian terpenting dari PLTA adalah turbin air yang memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kinetik air menjadi energi mekanik. Energi mekanik dari turbin ini selanjutnya diubah ke energi listrik oleh generator. Turbin air telah dikembangkan mulai abad 19 M dan dimanfaatkan sebagai PLTA. [1].

### 2.2 Turbin Turgo

Turbin turgo yaitu satu diantara jenis turbin yang bisa dipakai pada sistem PLTMH. Turbin turgo masuk ke dalam jenis impuls tetapi konstruksi dari sudu pada turbin turgo terdapat perbedaan dengan turbin pelton yang terdapat pada bentuk sudunya,

pada turbin turgo berbentuk sudu setengah dari bentuk sudu pada turbin pelton dengan jumlah dan ukuran sudu yang sama.



Gambar 1 Turbin Turgo [3]

### 2.3 Persamaan Dalam Menentukan Desain *Nozzle* Turbin Turgo

Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam mendesain *nozzle* pada turbin turgo [4]:

$$\text{Debit air} \quad Q = A \cdot c \quad (1)$$

Keterangan :

Q = Debit air

A = Luas Penampang ( $m^2$ )

C = Kecepatan Aliran (m/s)

$$\text{Head turbin} \quad h = \frac{p}{\rho \cdot g} \quad (2)$$

Keterangan :

h = Tinggi Air Jatuh (m)

P = Tekanan Fluida ( $N/m^2$ )

$\rho$  = Massa Jenis Fluida ( $Kg/m^3$ )

G = Kecepatan Gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$$\text{Diameter pancar air (d)} \quad d = 0,545 \sqrt{\frac{Q}{Z_0 \sqrt{H}}} \quad (3)$$

Keterangan :

d = Diameter ujung *nozzle* (m)

Q = Debit air

H = *Head* (m)

$Z_0$  = Banyaknya *nozzle*

### 2.4 Persamaan Daya Hidrolis, Daya, Torsi dan Efisiensi

Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam menghitung daya hidrolis, daya, torsi dan efisiensi

$$\text{Daya Hidrolis [5]} \quad P_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (4)$$

Keterangan :

$P_H$  = Daya Hidrolis (Watt)

$\rho$  = Massa Jenis Air ( $kg/m^3$ )

g = Percepatan Gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

Q = Debit Air (m<sup>3</sup>/s)  
 h = Tinggi Jatuh Air (m)  
 Daya yang dihasilkan turbin [6]  

$$P_{out} = I \times V \quad (5)$$

Keterangan :  
 P<sub>out</sub> = Daya listrik (Watt)  
 V = Tegangan (Volt)  
 I = Arus (Ampere)

Torsi yang dimiliki turbin [7]  

$$T = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}} \quad (6)$$

Keterangan :  
 T = Torsi (Nm)  
 P = Daya (Watt)  
 n = Kecepatan Putaran (rpm)  
 π = phi (3,14)

Efisiensi sistem PLTMH [8]  

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Keterangan :  
 η<sub>PLTMH</sub> = Efisiensi sistem PLTMH  
 P<sub>T</sub> = Daya Turbin  
 P<sub>G</sub> = Daya Generator  
 P<sub>H</sub> = Daya Hidrolis

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dari model *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo dimulai pada bulan Januari 2022 yang dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana yang berlokasi di Kampus Bukit Jimbaran, Bali dan Workshop.

#### 3.1 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

PLTMH ini dibuat dengan memperkirakan nilai *head*, volume box, debit air dan diameter pipa dan parameter pemodelan turbin turgo untuk *prototype* PLTMH.

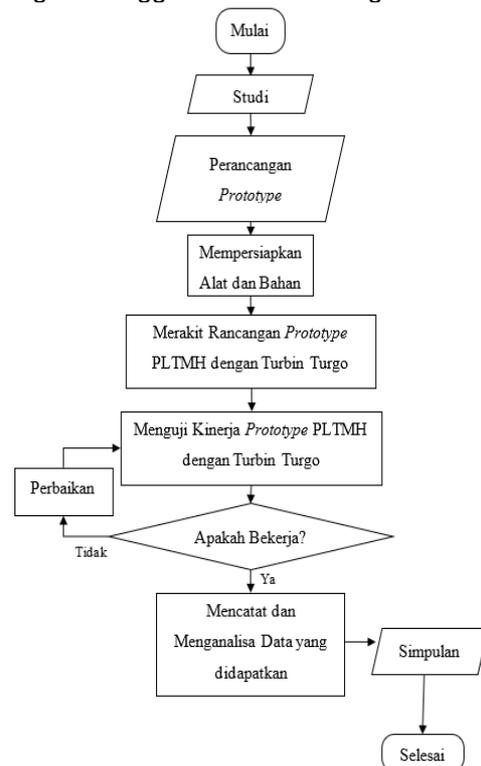
**Tabel 1** Data perencanaan sistem PLTMH

No.	Parameter	Nilai
1	Head	15 m
2	Debit	0,0045 m <sup>3</sup> /s / 45 L/s
3	Volume Bak Air	0,045 m <sup>3</sup> / 45 L/s
4	Diameter Pipa	1 dim

**Tabel 2** Data pemodelan turbin turgo

Nama Komponen	Parameter	Nilai
Runner	Diameter Runner	0.22 m
	Panjang Sudu	0,08 m
	Lebar Sudu	0,0468 m
	Panjang Sudu	0,08 m
	Kedalaman Sudu	0,0117
	Jumlah Sudu	18 bilah
	Diameter Disk	0,8 m
	Panjang Poros	0,4 m
Nozzle	Diameter Ujung Nozzle	20 mm
	Panjang Nozzle	70 mm
Rumah Turbin	Panjang Rumah Turbin	300 mm
	Lebar Rumah Turbin	250 mm

Adapun tahap perancangan dan pembuatan alat uji *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin turgo.



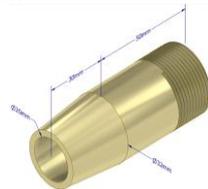
**Gambar 2** Diagram Alur penelitian

### 3.2 Desain Nozzle

Diameter *nozzle* dapat dihitung mengacu pada rumus 3 berikut:

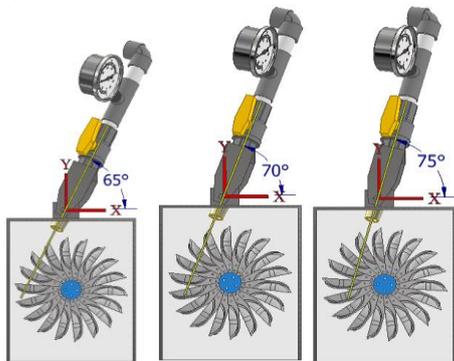
$$d = 0,545 \sqrt{\frac{0,0045}{1 \times \sqrt{15}}} = 0,018577 \text{ m} \approx 20 \text{ mm}$$

*Nozzle* merupakan bagian dari komponen *prorotype* yang nantinya sebagai alat pemancar air berkecepatan tinggi yang diarahkan tepat pada sudu turbin untuk memutar poros turbin. Ukuran *nozzle* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu diameter ujung *nozzle* 20 mm dan panjang *nozzle* 80 mm.



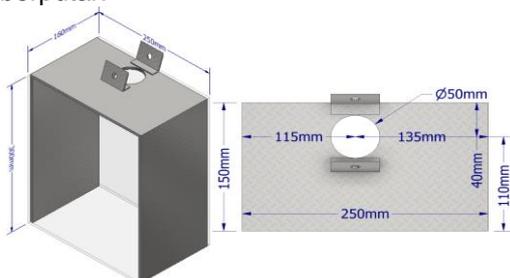
Gambar 3 Desain Nozzle

Parameter sudut *nozzle* yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu 65°, 70°, 75°.



Gambar 4 Desain Sudut Nozzle 65°, 70°, 75°.

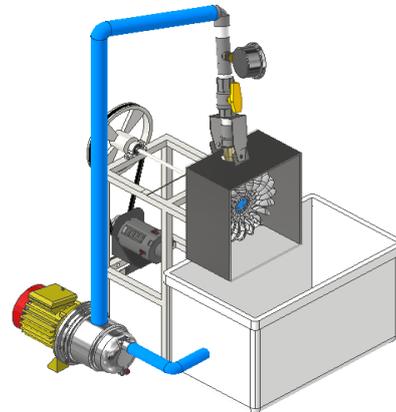
Desain pada titik pemasangan *nozzle* dapat ditentukan berdasarkan ukuran pada diameter runner dan ukuran rumah turbin. Dalam penentuan titik *nozzle* akan diasumsikan titik tersebut apabila air jatuh melalui *nozzle* maka akan tepat di tengah-tengah sudu turbin sehingga turbin dapat berputar.



Gambar 5 Desain Rumah Turbin dan Titik Penempatan Nozzle

### 3.3 Desain Prototype PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Dari seluruh komponen-komponen desain yang dirancang, kemudian dilakukan perakitan sehingga didapatkan desain *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menggunakan turbin turgo.



Gambar 6. Desain Prototype PLTMH Dengan Turbin Turgo

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Realisasi Nozzle Pada Prototype PLTMH

Pada *Prototype* PLTMH yang telah dibuat pengujian dilakukakn sebanyak 3 kali dengan diameter *nozzle* 20 mm masing-masing sudut *nozzle* mulai dari 65°, 70°, 75°. Pemilihan sudut *nozzle* ini dirancang agar mengenai tepat di bagian mangkok sudu agar mendapatkan hasil *output* yang maksimum. Berikut merupakan realisasi dari *nozzle* pada *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin turgo.



Gambar 7 Realisasi Nozzle

**4.2 Pengukuran Prototype PLTMH Menggunakan Turbin Turgo**

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sudut *nozzle* 65°, 70°, 75° dengan tekanan air 21 psi menggunakan 18 sudu dengan beban lampu 260 Watt dirangkai paralel. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut *nozzle* dengan menggunakan turbin turgo untuk menghasilkan putaran pada turbin dan efisiensi tertinggi pada PLTMH, parameter yang diukur diantaranya kecepatan putar turbin dan generator, tegangan dan arus.

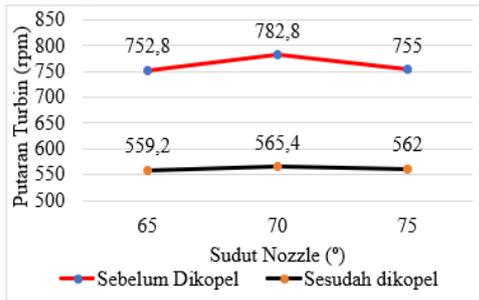
**4.2.1 Pengukuran Putaran Turbin**

Berikut merupakan hasil pengukuran putaran turbin dengan menggunakan alat tachometer.

**Tabel 3** Hasil Pengukuran Putaran Turbin

No	Sudut Nozzle (°)	Putaran Turbin (rpm)		Rata - Rata Hasil Pengukuran Putaran Turbin (rpm)	
		Sebelum dikopel Generator	Sesudah dikopel Generator	Sebelum dikopel Generator	Sesudah dikopel Generator
1	65	756	561	752,8	559,2
		742	563		
		752	565		
		758	551		
		756	556		
2	70	789	561	782,8	565,4
		786	563		
		777	566		
		780	569		
		782	568		
3	75	755	564	755	562
		753	561		
		756	561		
		756	562		
		755	562		

Berdasarkan data hasil pengukuran tabel 3 didapatkan hasil putaran turbin sebelum dan sesudah ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 8** Grafik Perbedaan Sudut Nozzle Terhadap Putaran Turbin

Berdasarkan gambar 8 kecepatan putar turbin tertinggi terdapat pada sudut *nozzle* 70° yaitu sebesar 782,8 rpm sebelum dikopel dan 565,4 sesudah dikopel.

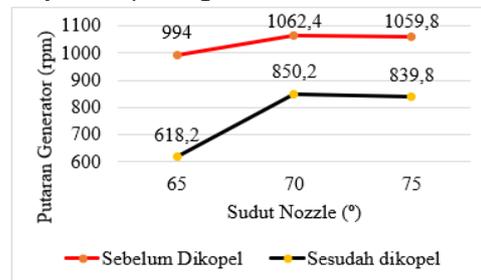
**4.2.2 Pengukuran Putaran Generator**

Berikut merupakan hasil pengukuran putaran generator dengan menggunakan alat tachometer

**Tabel 4** Hasil Pengukuran Putaran Generator

No	Sudut Nozzle (°)	Putaran Generator (rpm)		Rata - Rata Hasil Pengukuran Putaran Turbin (rpm)	
		Sebelum dikopel Beban	Sesudah dikopel Beban	Sebelum dikopel Beban	Sesudah dikopel Beban
1	65	993	622	994	618,2
		995	619		
		995	618		
		993	616		
		994	616		
2	70	1067	842	1062,4	850,2
		1063	840		
		1067	858		
		1058	855		
		1057	856		
3	75	1050	848	1059,8	839,8
		1059	841		
		1066	848		
		1064	832		
		1060	830		

Berdasarkan data hasil pengukuran tabel 4 didapatkan hasil putaran generator sebelum dan sesudah dikopel beban ditunjukkan pada gambar 9.



**Gambar 9** Grafik Perbedaan Sudut Nozzle Terhadap Putaran Generator

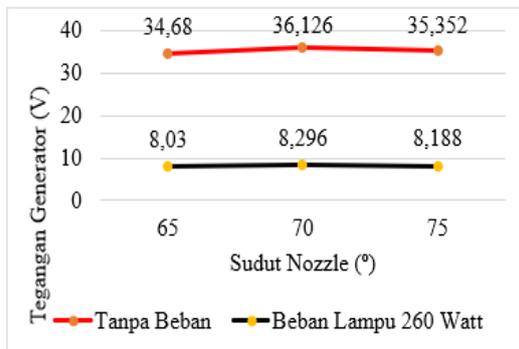
Berdasarkan gambar 9 kecepatan putar generator tertinggi terdapat pada sudut *nozzle* 70° yaitu sebesar 1062,4 rpm sebelum dikopel beban dan 850,2 sesudah dikopel beban.

**4.2.3 Pengukuran Tegangan Generator**  
Berikut merupakan hasil pengukuran tegangan generator dengan menggunakan alat volt meter.

**Tabel 5** Hasil Pengukuran Tegangan

No	Sudut Nozzle (°)	Tegangan (V)		Rata - Rata Hasil Pengukuran Tegangan (V)	
		Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt	Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt
1	65	33,88	8	34,68	8,03
		34,9	8,04		
		35,19	8,08		
		34,98	7,98		
		34,45	8,05		
2	70	36,17	8,29	36,126	8,296
		36,09	8,23		
		36,07	8,28		
		36,22	8,31		
		36,08	8,37		
3	75	33,18	8,22	35,352	8,188
		34,98	8,19		
		35,56	8,18		
		36,53	8,07		
		36,51	8,28		

Berdasarkan data hasil pengukuran tabel 5 didapatkan hasil tegangan generator tanpa beban dan berbeban lampu 260 Watt ditunjukkan pada gambar 10.



**Gambar 10** Grafik Perbedaan Sudut Nozzle Terhadap Tegangan Generator

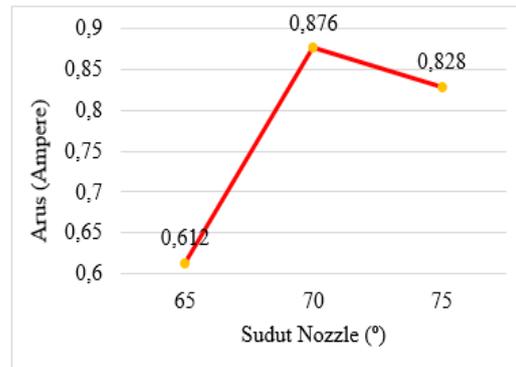
Berdasarkan gambar 10 tegangan generator tertinggi terdapat pada sudut nozzle 70° yaitu sebesar 36,126 tanpa beban dan 8,296 berbeban lampu terjadi drop voltage dikarenakan faktor usia dari generator yang sudah cukup lama.

**4.2.4 Pengukuran Arus Generator**  
Berikut merupakan hasil pengukuran arus generator dengan menggunakan amper meter.

**Tabel 6** Hasil Pengukuran Arus

No	Sudut Nozzle (°)	Arus (A)		Rata - Rata Hasil Pengukuran Arus (A)	
		Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt	Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt
1	65	0	0,66	0	0,612
		0	0,62		
		0	0,6		
		0	0,61		
		0	0,57		
2	70	0	0,83	0	0,876
		0	0,86		
		0	0,9		
		0	0,89		
		0	0,9		
3	75	0	0,83	0	0,828
		0	0,85		
		0	0,82		
		0	0,81		
		0	0,83		

Berdasarkan data hasil pengukuran tabel 6 didapatkan hasil arus generator berbeban lampu 260 Watt ditunjukkan pada gambar 11.



**Gambar 11** Grafik Perbedaan Sudut Nozzle Terhadap Arus Generator

Berdasarkan gambar 11 arus generator tertinggi terdapat pada sudut nozzle 70° yaitu sebesar 0,876 Ampere.

**4.3 Perhitungan Pengujian Prototype PLTMH**

Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus yang mengacu pada tinjauan pustaka. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut nozzle dengan menggunakan turbin turgo untuk menghasilkan putaran dan efisiensi tertinggi

pada PLTMH, parameter yang dihitung diantaranya daya hidrolis, daya generator, efisiensi PLTMH, dan torsi.

**4.3.1 Perhitungan Daya Hidrolis**

Berdasarkan perhitungan debit air yang telah didapatkan nilai debit air sebesar 0,0045 m<sup>3</sup>/s maka dapat dihitung daya hidrolis yang dihasilkan PLTMH mengacu pada rumus 4 berikut :

$$PH = 1000,9,8,0,0045,15 = 661,5 \text{ Watt}$$

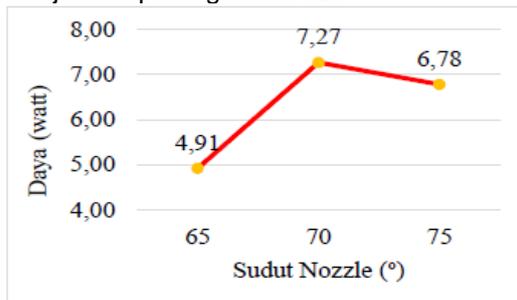
**4.3.2 Perhitungan Daya**

Perhitungan ini untuk mencari daya generator didapatkan setelah pengukuran arus, tegangan dan daya *output* generator merupakan hasil kali dari arus generator dan tegangan generator mengacu pada rumus 5.

**Tabel 7** Hasil Perhitungan Daya

No	Sudut Nozzle (°)	Daya (W)		Rata - Rata Hasil Pengukuran Daya (W)	
		Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt	Tanpa Beban	Beban Lampu 260 Watt
1	65	0	5,28	0	4,91
		0	4,98		
		0	4,85		
		0	4,87		
		0	4,59		
2	70	0	6,88	0	7,27
		0	7,08		
		0	7,45		
		0	7,40		
		0	7,53		
3	75	0	6,82	0	6,78
		0	6,96		
		0	6,71		
		0	6,54		
		0	6,87		

Berdasarkan data hasil perhitungan tabel 7 didapatkan hasil daya generator tanpa beban dan berbeban lampu 260 Watt ditunjukkan pada gambar 12.



**Gambar 12** Grafik Daya

Berdasarkan gambar 12 daya generator tertinggi terdapat pada sudut *nozzle* 70° yaitu sebesar 7,27 Watt.

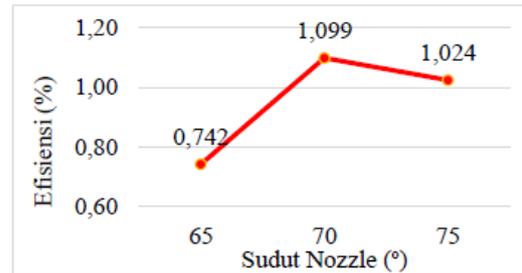
**4.3.3 Perhitungan Efisiensi**

Berikut merupakan perhitungan efisiensi yang didapatkan dari daya *output* dibagi dengan daya hidrolis mengacu pada rumus 7.

**Tabel 8** Hasil Perhitungan Efisiensi

No	Sudut Nozzle (°)	Tekanan Air (psi)	Daya Generator (Watt)	Daya Hidrolis (Watt)	Efisiensi Sistem PLTMH (%)
1	65°	21	4,91	661,5	0,742
2	70°		7,27	661,5	1,099
3	75°		6,78	661,5	1,024

Berdasarkan data hasil perhitungan tabel 8 didapatkan hasil efisiensi ditunjukkan pada gambar 13.



**Gambar 13** Grafik Efisiensi

Berdasarkan gambar 13 efisiensi PLTMH tertinggi terdapat pada sudut *nozzle* 70° yaitu sebesar 1,099%.

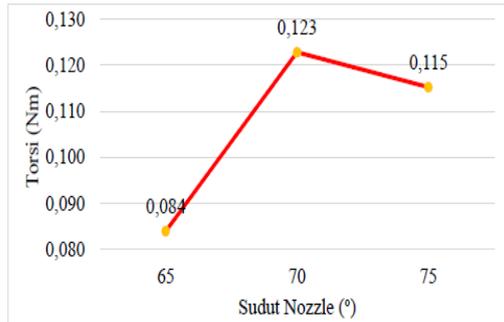
**4.3.4 Perhitungan Torsi**

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan pada pengujian *prototype* PLTMH dengan perubahan variasi sudut *nozzle* yang berbeda maka didapatkan torsi turbin dalam keadaan dikopel dengan generator. Berikut merupakan perhitungan torsi dengan mengacu pada rumus 6.

**Tabel 9** Hasil Perhitungan Torsi

No	Sudut Nozzle (°)	Tekanan Air (psi)	Torsi (Nm)
1	65°	21	0,084
2	70°		0,123
3	75°		0,115

Berdasarkan data hasil perhitungan tabel 9 hasil torsi dapat dilihat pada gambar 14 berikut.



**Gambar 14** Grafik Perbedaan Sudut Nozzle Terhadap Torsi

Berdasarkan gambar 14 torsi tertinggi diperoleh pada sudut *nozzle* 70° adalah sebesar 0,123 Nm.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilaksanakan pada *prototype* PLTMH dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi sudut *nozzle* sangat berpengaruh terhadap *output* yang dihasilkan *prototype*, hal ini mempengaruhi daya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan putaran turbin dan putaran generator yang maksimal, pada sudut *nozzle* 70° menghasilkan putaran turbin tertinggi. Hal ini dikarenakan pada sudut *nozzle* 70° air yang keluar dari ujung *nozzle* tepat mengenai sisi tengah sudu yang menyebabkan air banyak tertampung di tengah mangkok sudu turbin sehingga mempengaruhi daya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan putaran turbin dan generator yang maksimal. Pada saat pengujian *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo *output* maksimal yang diperoleh yaitu dengan sudut *nozzle* 70° yang mendapatkan putaran turbin sebesar 782,8 rpm sebelum dikopel generator dan 565,4 rpm sesudah dikopel generator, putaran generator sebesar 1062,4 rpm sebelum dikopel beban dan 850,2 sesudah dikopel beban, tegangan generator sebesar 36,126 Volt tanpa beban dan 8,296 Volt setelah berbeban, arus generator sebesar 0,876 Ampere, daya generator

tertinggi sebesar 7,27 Watt dan efisiensi tertinggi yang diperoleh pada pengujian *prototype* PLTMH yaitu sebesar 1,099 %.

## 6. SARAN

Saran yang dapat diberikan guna mengembangkan penelitian mengenai PLTMH dengan menggunakan turbin turgo yaitu perlunya dilakukan penelitian berikutnya mengenai bagaimana pengaruh variasi jumlah *nozzle* terhadap kinerja dari PLTMH dan di dalam melakukan penelitian sebaiknya menggunakan generator baru agar *output* yang dihasilkan lebih maksimal.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mafruddin, Dwi Irawan. 2020. Turbin Impuls , Team : Laduny creative, Lampung CV. Laduny Alifatama
- [2] Bono., 2012 Kajian Eksperimental Turbin Turgo Dengan Variasi Sudut Nosel. Jurnal Teknik Energi Vol 8, No. 1
- [3] Bono, B. and Suwarti, S., 2019. Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Eksergi*, 15(2), pp.81-92
- [4] Dietzel, F., & Sriyono, D. (1988). *Turbin, pompa dan kompresor*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [5] Tohari, M. and Ibrahim Lubis, H., 2015. Pengujian Unjuk Kerja Turbin Crossflow Skala Laboratorium Dengan Jumlah Sudu 20. *Jurnal Teknik Mesin*
- [6] Amin, A. , Hartono, P. , Lesmanah, U. 2019. Pengaruh Variasi Diameter *Pulley* terhadap Daya Listrik yang dihasilkan pada *Prototype* Turbin Pelton. Malang : Universitas Islam Malang.
- [7] Paryatmo, W. (2007). *Turbin Air. Edisi Kedua*, Yogyakarta Penerbit Graha Ilmu.
- [8] Sihaloho, D.L., 2017. Rancang Bangun Alat Uji Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Aliran Silang