

# PENGARUH VARIASI TEKANAN AIR TERHADAP PUTARAN TURBIN DAN DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN *PROTOTYPE* PLTMH MENGGUNAKAN TURBIN TURGO

I Made Suwartama Wijaya<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

Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali

Email\_suwartama.wijaya@student.unud.ac.id<sup>1</sup>, Email\_artawijaya@ee.unud.ac.id<sup>2</sup>,

Email\_janardana@unud.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Turbin Turgo merupakan salah satu tipe turbin *impulse* yang kerap digunakan pada PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) yang mempunyai *head* yang tinggi sebab wujud kelengkungan sudu yang tajam. Kasus yang terdapat pada turbin turgo ialah *head* – nya masih kurang pas, sebab turbin tipe ini memakai *head* yang tinggi guna memutar *runner* turbin. Bersumber pada kasus yang dijabarkan butuh dibuatkan suatu *prototype* PLTMH memakai turbin turgo, supaya sanggup melaksanakan pengujian pengaruh tekanan air untuk mendapatkan *output* yang maksimum serta efisiensi pada PLTMH memakai turbin turgo. Metode eksperimental kuantitatif yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan dari data primer yang didapatkan. Pengujian *prototype* pada riset ini memakai tekanan air yang bervariasi diantaranya yaitu 5 psi, 9 psi, 13 psi, 17 psi, 21 psi, dan 25 psi. Bersumber pada hasil dari riset, kenaikan nilai tekanan air yang diberikan akan menyebabkan kinerja PLTMH terus menjadi bertambah. *Output* maksimum yang diperoleh yaitu saat tekanan air paling besar yaitu 25 psi yang menghasilkan putaran turbin 838 rpm sebelum dikopel generator DC dan 672,6 rpm setelah dikopel generator, putaran generator sebesar 938,4 rpm, Tegangan generator sebesar 8,55 Volt, Arus generator sebesar 1,044 Ampere, Daya generator sebesar 8,93 Watt, Torsi sebesar 0,127 Nm dengan efisiensi turbin sebesar 1,08%

**Kata Kunci :** Turbin Turgo, Variasi Tekanan Air, Daya Output, Efisiensi

## ABSTRACT

Turgo turbine is one type of impulse turbine that is often used in MHP (Microhydro Power Plant) which has a high head due to the sharp curvature of the blade. The case in turgo turbines is that the head is still incorrect, because this type of turbine uses a high head to rotate the turbine runner. Based on what was described, it is necessary to make a prototype of PLTMH using turgo turbines, in order to be able to carry out air pressure effect tests to obtain maximum output and efficiency in PLTMH using turgo turbines. The quantitative experimental method is carried out by calculating the primary data obtained. Prototype testing in this research used various air pressures, including 5 psi, 9 psi, 13 psi, 17 psi, 21 psi, and 25 psi. Based on the results of the study, increasing the value of air pressure given will cause MHP performance to continue to increase. The maximum output obtained is when the water pressure is the greatest which is 25 psi which produces a turbine rotation of 838 rpm before being coupled with a DC generator and 672.6 rpm after being coupled with a generator, the rotation of the generator is 938.4 rpm, generator voltage is 8.55 volts, and generator current is 1.044 Ampere, Generator Power 8.93 Watt, Torque 0.127 Nm with turbine efficiency 1.08%

**Keywords :** Turgo Turbine, Water Pressure Variation, Output Power, Efficiency

## 1. PENDAHULUAN

Energi Listrik pada saat ini sudah menjadi hal yang sangat penting karena segala bentuk kebutuhan masyarakat baik dari segi ekonomi, teknologi serta ilmu pengetahuan ditunjang oleh energi listrik. Oleh sebab itu, kebutuhan energi listrik setiap tahunnya terus bertambah seiring dengan berkembangnya kebutuhan masyarakat.

Sumber tenaga yang digunakan, buat pembangkit energi listrik sebagian besar dari bahan bakar fosil semacam minyak, gas, serta batubara. Maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menyebabkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Aspek inilah yang menjadi tantangan tertentu guna menjauhkan diri dari ketergantungan terhadap minyak bumi, gas alam serta batubara[1].

Salah satu potensi sumber daya alam yang dapat digunakan untuk sumber pembangkit dengan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) adalah tenaga air. Tenaga air merupakan tenaga yang sangat melimpah di Indonesia yaitu sekitar 75.000-76.000 MW. Dari jumlah kemampuan tersebut, pemanfaatannya dalam skala besar masih 3.783 MW (PLTA) serta skala kecil 220 MW (PLTMH) [2].

Pembangkit listrik skala besar membutuhkan lahan yang luas seperti danau, bila lahan kecil seperti sungai dan air terjun dapat dibuat dengan pembangkit listrik skala kecil, dengan memanfaatkan jumlah air yang mengalir. Salah satu perlengkapan yang digunakan guna mengganti tenaga air menjadi tenaga mekanik dalam PLTMH yaitu turbin. Turbin berperan mengkonversi tenaga potensial serta tenaga kinetik dari air menjadi tenaga mekanik. Dikala ini turbin turgo masih sangat sedikit digunakan di Indonesia khususnya di Bali sehingga guna memperoleh hasil yang optimal maka butuh uji coba yang berhubungan dengan parameter – parameter yang mempengaruhi. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka perlu dilakukan pengujian terkait dengan parameter yang ditentukan.

Permasalahan pada turbin turgo pada penelitian sebelumnya yaitu tidak menghitung head yang setara 15 meter, di mana turbin turgo mampu untuk berputar pada head 3,5 – 1 meter dengan total efisiensi yang dihasilkan

yaitu 87% pada head 3,5 meter, lalu pada head 1 meter menghasilkan efisiensi sebesar 20% [3]. Pada penelitian sebelumnya tidak menghitung putaran turbin dan daya output yang dihasilkan generator, sehingga tidak didapatkan hasil dari penelitian yang akan digunakan sebagai acuan.

Oleh karena itu perlu dibuatkan *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin turgo guna menganalisis putaran turbin, putaran generator, efisiensi dan torsi *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Turbin Turgo

Turbin turgo adalah jenis turbin yang bertipe *impulse*, sistem kerjanya sama seperti turbin Pelton. Turbin turgo cocok untuk menggantikan Turgo *Multi – Jet*. Turbin ini dapat digunakan dalam *head* sedang hingga tinggi, yang berkisar 15 m sampai dengan 300 m. Seperti turbin pelton, turbin turgo memiliki kurva efisiensi yang luar biasa sehingga merupakan solusi terbaik untuk variasi laju aliran besar. Pada ujung aliran air diarahkan pada turbin turgo memiliki kemiringan 20 - 30 derajat dan air ke luar diarahkan pada bagian belakang turbin [4].

### 2.2 Perhitungan Debit Air

Debit air untuk menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu waktu yang melewati penampang luas [5].

$$Debit = \frac{Volume\ Bejana}{Waktu\ Untuk\ memenuhi\ bejana} \quad (1)$$

### 2.3 Perhitungan Daya, Torsi dan Efisiensi

Daya Hidrolis merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dimana air yang mengalir dari ketinggian digantikan oleh pompa air [5].

$$P_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (2)$$

Keterangan :

$P_H$  = Daya Hidrolis

$\rho$  = Massa jenis air ( $kg/m^3$ )

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

$Q$  = Debit Air ( $m^3/s$ )

$h$  = Tinggi Jatuh Air (m)

Menghitung daya *output* yang dihasilkan generator menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya listrik yang dihasilkan generator (Watt)

$I$  = Arus Generator (Ampere)

$V$  = Tegangan Generator (Volts)

Efisiensi turbin menunjukkan kinerja turbin terhadap energi penggerakannya. Untuk menentukan efisiensi dapat menggunakan persamaan [6] :

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

$\eta_{PLTMH}$  = Efisiensi Sistem PLTMH

$P_G$  = Daya Generator

$P_H$  = Daya Hidrolis

Torsi yang dihasilkan turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [7] :

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (5)$$

Keterangan:

$T$  = Torsi (Nm)

$P$  = Daya (Watt)

$n$  = Kecepatan Putaran Turbin (rpm)

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi perancangan *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin yang berjenis turbin turgo lalu akan diujikan variasi tekanan air terhadap karakteristik *output* dari *prototype* PLTMH.

#### 3.1 Perencanaan Sistem PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Tabel 1 merupakan parameter yang ditetapkan sebagai data perencanaan PLTMH pada penelitian ini

Tabel 1. Parameter Perencanaan PLTMH

Parameter	Nilai
Head	Setara 15 meter
Volume Box	45 Liter
Diameter Pipa	1 dim

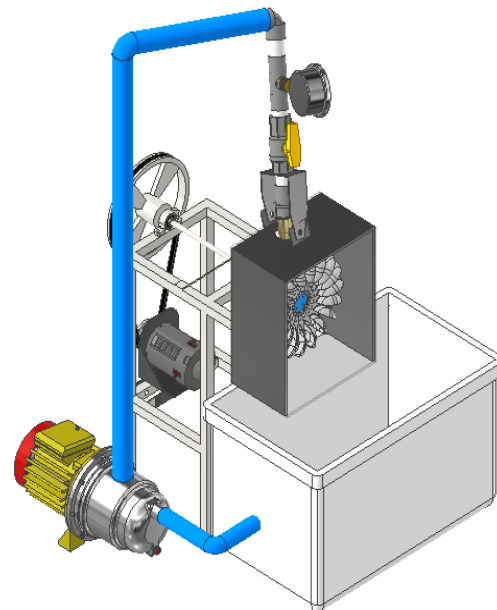
Tabel 2 merupakan data pemodelan *runner* dan *nozzle* yang digunakan pada penelitian.

Tabel 2. Data Pemodelan Turbin Turgo

	Parameter	Nilai
Runner	Diameter Runner	0,22 m
	Lebar Sudu	0,0468 m
	Panjang Sudu	0,068 m
	Kedalaman Sudu	0,0117 m
	Jumlah Sudu	18 buah
Nozzle	Diameter Nozzle	0,02 m
	Panjang Nozzle	0,07 m

#### 3.2 Pemodelan PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

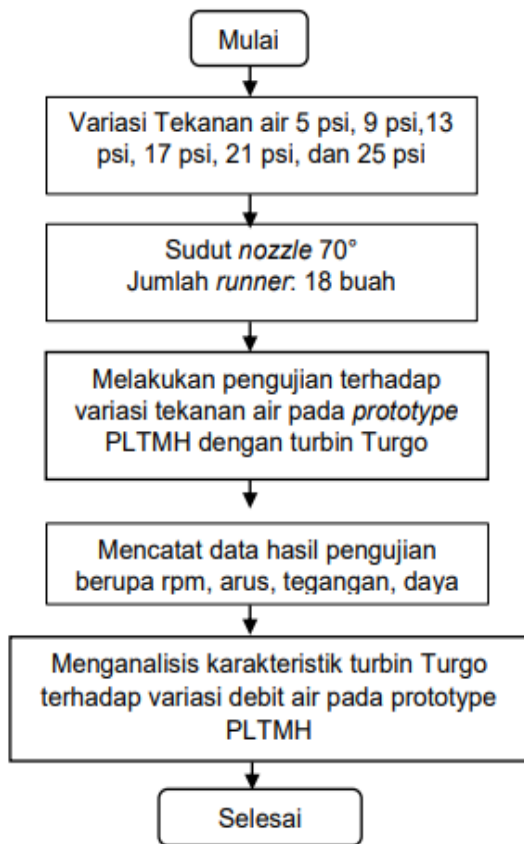
Gambar 1 merupakan desain alat dari *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo, dimana digambar menggunakan aplikasi AutoDesk Inventor 2020.



Gambar 1. Desain Pemodelan *prototype* PLTMH menggunakan turbin Turgo.

#### 3.3 Tahap Penelitian dan Pengujian

Gambar 2 merupakan bagan alir tahap penelitian PLTMH menggunakan turbin turgo.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan pengujian variasi tekanan air terhadap putaran turbin dan daya *output* turbin turgo diawali dengan menentukan tekanan air dengan variasi 5 psi, 9 psi, 13 psi, 17 psi, 21 psi, dan 25 psi. Menentukan sudut *nozzle* yang sudah dihitung dengan menggunakan sudut 70° dan jumlah sudu yang digunakan yaitu 18 buah. Pengujian variasi tekanan air dilakukan pada masing – masing sudut *nozzle* dan jumlah sudu yang digunakan. Data hasil pengujian yang didapatkan berupa nilai putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, daya, dan torsi pada generator. Nilai parameter yang telah didapatkan pada tahap pengujian selanjutnya dibuatkan grafik dari hasil uji coba yang dianalisis Kemudian menganalisis efisiensi *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo dan menentukan efisiensi tertinggi dari variasi tekanan air yang digunakan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Realisasi *Prototype* PLTMH

Gambar 3 merupakan realisasi dari *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo.



Gambar 3. Realisasi *Prototype* PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Pada *prototype* PLTMH yang dibuat terdapat beberapa komponen diantaranya yaitu *runner* turbin turgo, *nozzle*, rotor, rumah turbin, pulley, *pillow*, pipa, box, generator, pompa air, dan rangka *prototype* PLTMH.

### 4.2 Data Hasil Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Daya *Output* PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh tekanan air terhadap putaran turbin dan daya *output* dari PLTMH. Beberapa hasil pengukuran ini dapat dilihat pada gambar 4 dimana pada penelitian ini menggunakan variasi tekanan air 5 psi, 9 psi, 13 psi, 17 psi, 21 psi, dan 25 psi. Dengan jumlah sudu 18 buah dan sudut *nozzle* 70°. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap pengujian sehingga data yang dihasilkan lebih akurat.



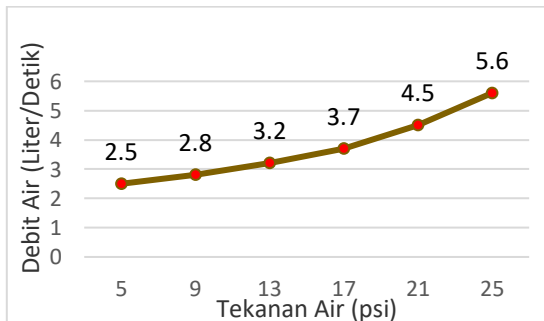
Gambar 4. Pengukuran Tekanan Air Menggunakan Manometer

#### 4.2.1 Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Pengukuran debit air pada penelitian ini menggunakan metode penampungan air, dalam mengukur debit air menggunakan box penampungan air berkapasitas 45 liter.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Air Terhadap Tekanan Air

Tekanan Air (psi)	Volume Box (liter)	Waktu (s)	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)
5	45	18	2,5
9		16	2,8
13		14	3,2
17		12	3,7
21		10	4,5
25		8	5,6



Gambar 5. Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Debit Air

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa debit air akan meningkat seiring meningkatnya tekanan air. Hal ini disebabkan besarnya tekanan yang didapatkan maka gaya dorong aliran air semakin besar untuk memenuhi box penampungan air.

#### 4.2.2 Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Putaran Turbin

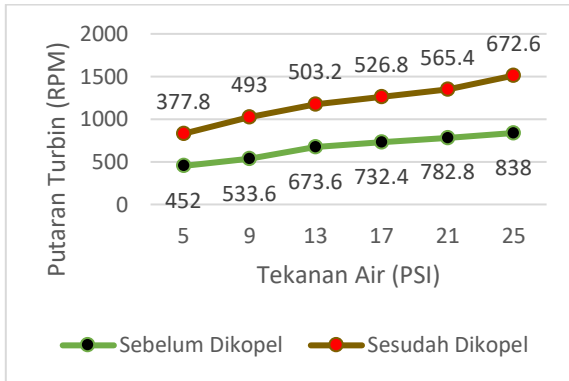
Pengukuran putaran turbin ini dilakukan sebelum dikopel dan sesudah dikopel dengan generator dengan cara menempelkan tachometer ke poros pulley (contoh pada gambar 6). Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 7.



Gambar 6. Pengukuran Putaran Turbin Menggunakan tachometer

Tabel 4. Hasil Rata - Rata Pengukuran Putaran Turbin

Tekanan Air (psi)	Sudut Nozzle (°)	Putaran Turbin (rpm)	
		Sebelum Dikopel	Setelah Dikopel
5	70	452	377,8
9		533,6	493
13		673,6	503,2
17		732,4	526,8
21		782,8	565,4
25		838	672,6



Gambar 7. Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Putaran Turbin

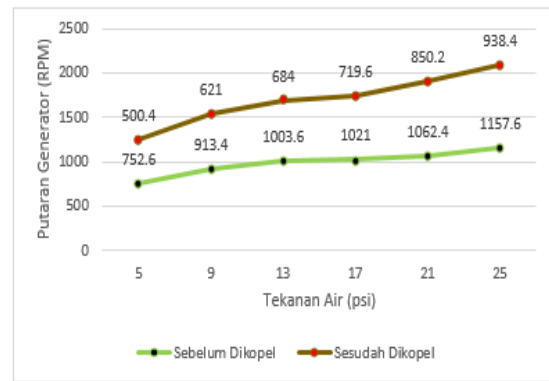
Dapat diketahui, seiring peningkatan tekanan air maka putaran turbin semakin meningkat. Pada Gambar 7 Putaran turbin tertinggi dihasilkan pada saat tekanan air 25 psi dengan kecepatan 838 rpm sebelum dikopel generator dan 672.6 rpm saat dikopel generator. Hal ini disebabkan air yang jatuh ke luar dari ujung *nozzle* tepat mengenai sisi tengah sudu turbin, di mana air akan dibagi menjadi dua bagian yang tepat mengenai mangkok sudu turbin. Sehingga turbin mendapatkan gaya dorong air yang maksimum.

#### 4.2.3 Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Putaran Generator

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 8 .

Tabel 5. Hasil Rata – Rata Pengukuran Putaran Generator

Tekanan Air (psi)	Sudut Nozzle (°)	Putaran Generator (rpm)	
		Sebelum Dikopel	Setelah Dikopel
5	70	500,4	752,6
9		621	913,4
13		684	1003,6
17		719,6	1021,6
21		850,2	1062,4
25		938,4	1157,6



Gambar 8. Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Putaran Generator

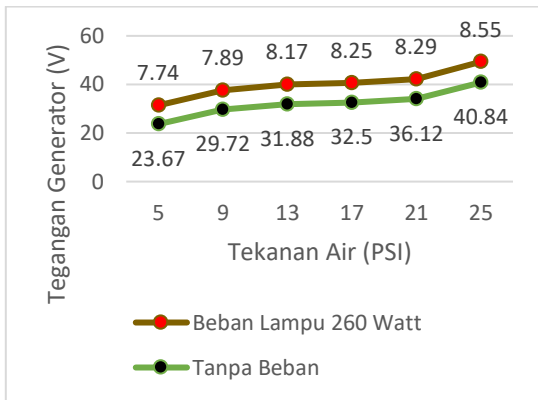
Dapat diketahui. Seiring peningkatan tekanan air maka putaran generator akan semakin meningkat. Pada gambar 8 putaran generator tertinggi dihasilkan pada saat tekanan air 25 psi dengan kecepatan 1157,6 rpm sebelum dikopel beban dan 938,4 rpm pada saat dikopel beban lampu 260 W. Hal ini disebabkan air yang jatuh keluar dari ujung *nozzle* tepat mengenai sisi tengah sudu turbin, di mana air akan dibagi menjadi dua bagian yang tepat mengenai mangkok sudu turbin. Sehingga generator mendapat gaya dorong pada saat turbin berputar. *Pulley* turbin dan generator menggunakan perbandingan 2 : 1 .

#### 4.2.4 Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Tegangan Generator

Berdasarkan dari pengujian didapatkan hasil pada Tabel 6 dan Gambar 9.

Tabel 6. Rata – Rata Hasil Pengukuran Tegangan Generator

Tekanan Air (psi)	Sudut Nozzle (°)	Tegangan Generator (v)	
		Tanpa Beban	Beban 260 W
5	70	23,67	7,74
9		29,72	7.89
13		31,88	8.17
17		32,50	8.25
21		36,12	8.29
25		40,84	8,55



**Gambar 9.** Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Tegangan Generator

Dapat diketahui bahwa peningkatan tekanan air menyebabkan tegangan generator akan semakin meningkat. Pada gambar 9 tegangan generator tanpa beban tertinggi pada saat tekanan air 25 psi sebesar 40,48 Volt dan yang terendah pada saat tekanan air 5 psi yaitu sebesar 23,67 Volt. Lalu, tegangan generator berbeban lampu 260 Watt tertinggi yaitu pada tekanan 25 psi sebesar 8,55 Volt dan yang terendah didapatkan pada 5 psi yaitu sebesar 7,74 Volt. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya tekanan air yang menyebabkan putaran generator semakin cepat sehingga tegangan yang dihasilkan semakin besar.



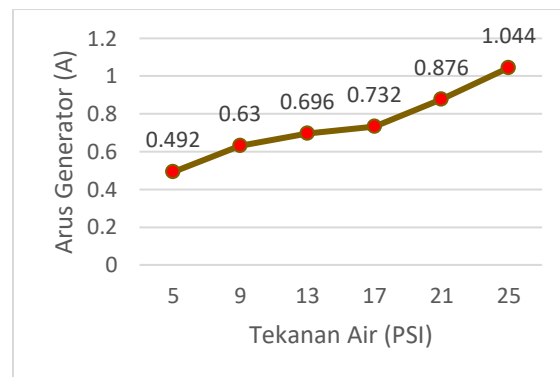
**Gambar 10.** Hasil dari pengukuran tegangan generator menggunakan *mutimeter*

#### 4.2.5 Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Arus Generator

Berdasarkan dari pengujian didapatkan hasil pada Tabel 7 dan Gambar 11 .

**Tabel 7.** Rata – Rata Hasil Pengukuran Arus Generator

Tekanan Air (psi)	Sudut Nozzle (°)	Arus Generator (A)	
		Tanpa Beban	Beban 260 W
5	70	-	0.492
9		-	0.63
13		-	0.696
17		-	0.732
21		-	0.876
25		-	1.044



**Gambar 11.** Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Arus Generator

Dapat diketahui bahwa peningkatan tekanan air menyebabkan arus generator akan semakin meningkat. Pada gambar 11 Arus Generator tertinggi terjadi pada tekanan air 25 psi dengan arus sebesar 1,044 Ampere dan terendah pada saat tekanan air 5 psi yaitu sebesar 0,492 Ampere. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya tekanan air yang menyebabkan putaran generator semakin cepat sehingga arus yang dihasilkan akan semakin besar.



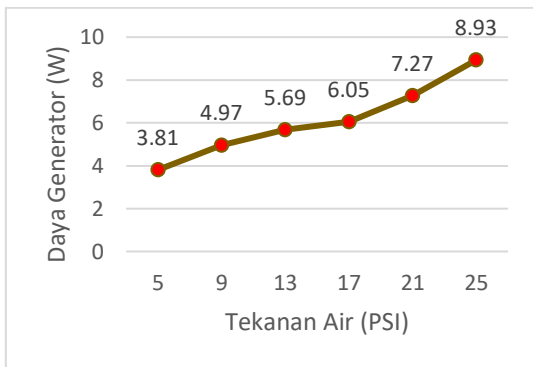
Gambar 12. Hasil dari pengukuran arus generator menggunakan *multimeter*

**4.2.6 Pengukuran Variasi Tekanan Air Terhadap Daya Generator**

Berdasarkan hasil dari pengujian dapat dilihat hasil pada Tabel 8 dan Gambar 13.

**Tabel 8.** Rata – Rata Hasil Pengukuran Daya Generator

Tekanan Air (psi)	Sudut Nozzle (°)	Daya Generator (W)	
		Tanpa Beban	Beban 260 W
5	70	-	3.81
9		-	4.97
13		-	5.69
17		-	6.05
21		-	7.27
25		-	8.93



**Gambar 13.** Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Daya Generator

Dapat diketahui bahwa peningkatan tekanan air menyebabkan daya generator

semakin meningkat. Pada gambar 13 daya generator tertinggi didapatkan pada tekanan air 25 psi yaitu sebesar 8,93 Watt dan daya terendah didapatkan pada tekanan air 5 psi, yaitu sebesar 3,81 Watt. Hal ini disebabkan oleh tekanan air yang diberikan. Peningkatan tekanan air menyebabkan putaran turbin dan putaran generator meningkat. Semakin cepat putaran generator maka daya yang dihasilkan akan semakin besar.

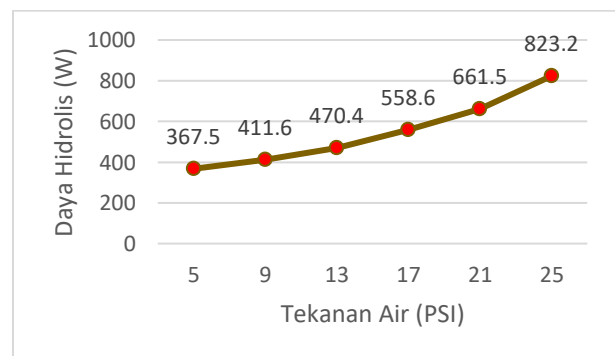
**4.2.7 Perhitungan Daya Hidrolis pada PLTMH Menggunakan Turbin Turgo**

Perhitungan daya hidrolis dihitung berdasarkan debit air yang diperoleh, maka perhitungan daya hidrolis yang dilakukan menggunakan persamaan (2).

$$\begin{aligned}
 (P_H &= 1000\text{kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s} \cdot 0,0025 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ m} \\
 &= 367,5 \text{ Watt untuk tekanan air 5 psi}
 \end{aligned}$$

**Tabel 9.** Hasil Perhitungan Daya Hidrolis Terhadap Variasi Tekanan Air

Tekanan Air (psi)	Head (m)	Masa Air (kg/m <sup>3</sup> )	Gaya Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	Daya Hidrolis (Watt)
5	15	1000	9,8	0,0025	367.5
9				0,0028	411.6
13				0,0032	470.4
17				0,0038	558.6
21				0,0045	661.5
25				0,0056	823.2



**Gambar 14.** Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Daya Hidrolis



Dapat diketahui bahwa daya hidrolis akan meningkat seiring peningkatan tekanan air. Pada gambar 14 daya hidrolis tertinggi terjadi saat tekanan air 25 psi dengan daya sebesar 832,2 Watt dan terendah pada saat tekanan air 5 psi sebesar 367,5 Watt.

**4.2.8 Perhitungan Efisiensi pada PLTMH Menggunakan Turbin Turgo**

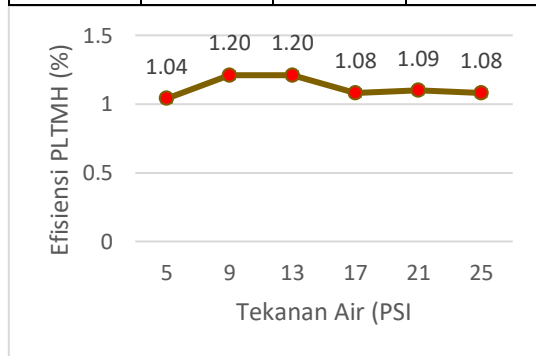
Perhitungan efisiensi didapatkan dari persamaan (4) yaitu :

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% = \frac{3,81}{367,5} \cdot 100\% = 1,03\% \text{ untuk tekanan air 5 psi}$$

Berdasarkan hasil dari persamaan (4), didapatkan hasil pada Tabel 10 dan Gambar 15.

**Tabel 10.** Hasil Pengukuran Efisiensi PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Tekanan Air (psi)	Daya Generator (W)	Daya Hidrolis (W)	Efisiensi Sistem PLTMH (%)
5	3.81	367.5	1.03
9	4.97	411.6	1.2
13	5.69	470.4	1.2
17	6.05	558.6	1.08
21	7.27	661.5	1.09
25	8.93	823.2	1.08



**Gambar 15.** Grafik Pengukuran Efisiensi PLTMH Menggunakan Turbin Turgo

Dapat diketahui bahwa seiring peningkatan tekanan air maka efisiensi PLTMH semakin meningkat, walaupun di atas tekanan air 17 psi efisiensi PLTMH menurun. Penurunan ini disebabkan oleh

desain ideal dari perancangan turbin pada *prototype* ini adalah menggunakan *head* setara 15 meter atau setara tekanan air 21 psi. Sehingga di atas tekanan air 21 psi akan menyebabkan efisiensi PLTMH menurun. Sedangkan peningkatan nilai efisiensi PLTMH disebabkan gaya dorong aliran air yang ke luar dari pipa pesat dengan debit aliran yang semakin meningkat, sehingga daya *hidrolis* semakin meningkat.

**4.2.9 Perhitungan Torsi pada PLTMH Menggunakan Turbin Turgo**

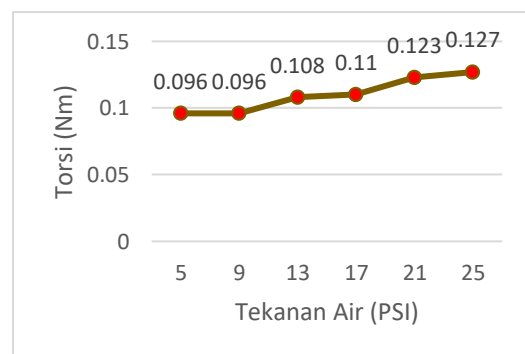
Perhitungan torsi turbin didapatkan dengan persamaan (5). yaitu :

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} = \frac{3,81}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{377,8}{60}} = 0,096 \text{ Nm}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan, didapatkan hasil pada Tabel 11 dan Gambar 16 .

**Tabel 11.** Hasil Perhitungan Torsi Terhadap Variasi Tekanan Air

Tekanan Air (Psi)	Sudut Nozzle (°)	Torsi (Nm)
5	70	0.096
9		0.096
13		0.108
17		0.11
21		0.123
25		0.127



**Gambar 16.** Grafik Tekanan Air Terhadap Torsi

Dapat diketahui bahwa seiring tekanan air meningkat, maka menyebabkan torsi yang dihasilkan meningkat. Pada gambar 16 torsi

tertinggi dihasilkan pada tekanan air 25 psi yaitu sebesar 0,127 Nm, sedangkan torsi terendah terjadi saat tekanan air 5 psi yaitu sebesar 0,096 Nm.

## 5. SIMPULAN

Simpulan yang diperoleh berdasarkan dari hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan pada *prototype* PLTMH menggunakan turbin Turgo adalah sebagai berikut :

1. *Output* maksimum yang diperoleh pada saat pengujian *prototype* PLTMH yaitu pada tekanan air 25 psi dengan sudut *nozzle* 70° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 838 rpm sebelum dikopel generator, dan 672,6 rpm sesudah dikopel generator, putaran generator sebesar 938,4 rpm, tegangan generator sebesar 8,55 Volt, arus generator sebesar 1,044 Ampere, dan daya generator sebesar 8,93 Watt.
2. Efisiensi tertinggi terjadi saat tekanan air 13 psi dengan sudut *nozzle* 70° yaitu sebesar 1,20%, hal ini disebabkan karena desain ideal dari perancangan turbin pada *prototype* PLTMH ini adalah menggunakan *head* 15 meter atau setara dengan tekanan air 21 psi, sehingga pada tekanan air 21 psi akan memperoleh efisiensi maksimum.
3. Tekanan air sangat berpengaruh terhadap *output prototype* PLTMH (putaran turbin, putaran generator, tegangan, arus, dan daya generator) yang telah diuji di mana seiring dengan peningkatan tekanan air maka *output* dari setiap parameter akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh gaya dorong aliran air pada pipa pesat yang menembak turbin.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Anam, A., Soenoko, R., Widhiyanuriyawan, D. 2013. Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol 4 No 3

- [2] Anagnostopoulos, J.S., dan Papantonis, D.E., 2008, Flow Modeling and Runner Design of Optimization in Turgo Water Turbines *International Journal of Applied Science Engineering and Technology* 4;3.
- [3] Williamson, S., Stark, B. and Booker, J., 2012. Performance of a low-head pico-hydro Turgo turbine. *Applied Energi*, 102, pp.1114-1126.
- [4] Bono, Drs, S.T., M.Eng, Suwarti, S.T., M.T., 2019. VARIASI JUMLAH SUDU DAN MODIFIKASI BENTUK NOZZEL PADA TURBIN TURGO UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO, Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Semarang.
- [5] Ardika Tommy Saputra, I Made ., 2020. Pengaruh Tekanan Air Dan Sudut Nozzle Terhadap Karakteristik Output Pada *Prototype* PLTMH Dengan Turbin Pelton. *Jurnal Spektrum* Vol. 7, No. 4.
- [6] Putra, G. A. A. 2009. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [7] Setya Prayoga, Huda ., 2019. RANCANG BANGUN PURWARUPA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO JENIS TURBIN TURGO, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.