

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PLTMH DENGAN TURBIN TURGO

I Gede Putu Aditya Kresna Artha K¹, I Wayan Arta Wijaya², I Gusti Ngurah Janardana³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: gedeadityaka@gmail.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@ee.unud.ac.id³

Abstrak

Pembelajaran mengenai pemanfaatan sumberdaya air sebagai PLTMH perlu dilaksanakan oleh mahasiswa Teknik Elektro Universitas Udayana. Saat ini Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana belum mampu melakukan praktikum mengenai PLTMH dikarenakan belum terdapat perangkat dan peralatannya. Untuk itu perlu dilakukan analisis perancangan *prototype* PLTMH ini. Turbin turgo yaitu klasifikasi dari turbin impuls yang memerlukan tekanan air sebagai sumber untuk memutar turbin. Dalam penelitian ini dibuat rancangan dalam bentuk *prototype* PLTMH dengan memanfaatkan turbin turgo yang mempunyai jumlah sudu 18 bilah dengan panjang sudu 6,8 cm, lebar sudu 4,68 cm, dan kedalaman sudu 1,17 cm. *Prototype* ini memiliki 1 buah *nozzle* dengan diameter 2cm yang mempunyai sudut pancaran 70° yang memancarkan air dengan tekanan 21 psi. *Prototype* ini mampu menghasilkan daya sebesar 7,268 Watt dan torsi bernilai 0,1228 Nm maka *prototype* ini mempunyai efisiensi sebesar 1,099%.

Kata Kunci: PLTMH, *prototype*, turbin turgo

Abstract

Learning about using water resources as a MHP is need to implemented for Electrical Engineering students at Udayana University. Currently at the Energy Conversion Laboratory the Electrical Engineering Study Program Faculty of Engineering Udayana University cannot yet to carry out practicum on MHP due to the unavailability of devices and equipment. Therefor it needs to analyze the design of this MHP prototype. Turgo turbine is a classification of impulse turbine that require water pressure as a source to rotate the turbine. In this research a prototype of MHP with a turgo turbine has been formed which has a total of 18 blades with blade length 6,8 cm, blade width 4,68 cm, and blade depth 1,17 cm. This prototype has 1 nozzle with a diameter 2 cm that has beam angle of 70° which emits water with a pressure of 21 psi. This prototype is capable of producing power 7,268 Watt and torque 0,1228 Nm so that this prototype efficiency is 1,099%.

Keywords: *Micro Hydro Power Plant, prototype, turgo turbine*

1. PENDAHULUAN

Menurut data Kementerian ESDM, kemampuan sumber energi air di Indonesia secara keseluruhan bernilai 75.000 MW tetapi yang termanfaatkan hingga kini hanya 7.572 MW [1]. Pemanfaatan sumber energi air salah satunya sebagai PLTMH.

PLTMH yaitu pembangkit listrik berukuran kecil (<100kW) yang memerlukan tenaga air untuk sumber penghasil energi listrik dengan menggunakan turbin air.

Turbin air adalah alat utama yang memanfaatkan tenaga air untuk menghasilkan energi potensial. Terdapat dua jenis turbin yakni turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin turgo termasuk dalam turbin impuls yang mengkonversikan energi air ke energi kinetik dengan bantuan *nozzle*.

Kecepatan tinggi jet air kemudian diarahkan ke sudu turbin dan setelah air mengenai sudu turbin, turbin diputar dengan kecepatan tinggi. Kemudian poros diputar dan listrik dibangkitkan di generator [2].

Hingga kini Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana belum mampu melaksanakan praktikum mengenai PLTMH dikarenakan belum terdapat peralatan yang mendukung. Dari persoalan tersebut maka dalam penelitian ini akan merancang alat praktikum *prototype* PLTMH dengan turbin turgo di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PLTMH

PLTMH termasuk dalam sumber energi terbarukan dikarenakan tidak merusak lingkungan. Pembangkit listrik kecil yang mampu memanfaatkan tenaga air pada sumber energi air dengan menggunakan ketinggian dari jatuhnya air (*head*) ataupun debit air (*flow capacity*). Besarnya energi listrik pada suatu PLTMH dipengaruhi oleh potensi dari debit air ataupun ketinggian dari jatuhnya air.

Prinsip kerja PLTMH yaitu menggunakan besarnya debit air ataupun ketinggian dari jatuhnya air. Aliran air yang diarahkan ke sudu turbin membuat poros turbin menjadi berputar yang menciptakan energi mekanik. Energi mekanik yang tercipta akan menggerakkan generator lalu membangkitkan energi listrik [3].

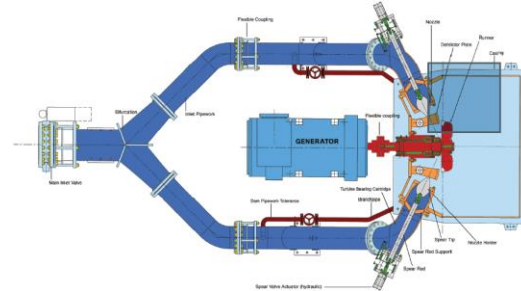
2.2 Turbin Air

Turbin air merupakan alat untuk memanfaatkan energi kinetik air yang memiliki dua bagian utama yaitu poros dan sudu. Sudu tetap bertujuan mengarahkan aliran air yang prinsip kerjanya tidak ikut berputar dengan poros. Sedangkan sudu putar prinsip kerjanya mengubah arah dari aliran air yang menyebabkan timbulnya gaya yang memutar poros [4].

Terdapat dua klasifikasi turbin diantaranya adalah turbin impuls dan turbin reaksi. Berikut adalah pengertian dari turbin impuls dan turbin reaksi pada PLTMH [5].

- a. Turbin impuls yaitu turbin yang memanfaatkan tekanan air sebagai sumber tenaga untuk memutar *runner* turbin dengan menggunakan *nozzle*. Jenis turbin impuls umumnya memanfaatkan *head* tinggi. Berikut adalah klasifikasi turbin impuls: Turbin *Crossflow*, Turbin Turgo, serta Turbin Pelton.
- b. Turbin reaksi merupakan turbin yang memanfaatkan kombinasi dari aliran air dan tekanan air sebagai sumber tenaga untuk memutar *runner* turbin. Umumnya jenis turbin reaksi memanfaatkan *head* rendah. Berikut adalah jenis turbin reaksi: Turbin Kaplan, Turbin Francis, Turbin Propeller, dan Turbin *Arhimedes Sreew*.

2.3 Turbin Turgo



Gambar 1 Konfigurasi Turbin Turgo dengan *Multi Nozzle* [6]

Turbin impuls turgo ditemukan dan dipatenkan oleh Eric Crewdson, pada tahun 1919 [7]. Tidak seperti di turbin pelton, jet turbin turgo diarahkan ke sudut tertentu terhadap bidang rotasi *runner*, dan air keluar dari sisi berlawanan dari *runner*, sehingga meminimalkan gangguan aliran keluar dengan *runner* dimana *nozzle* yang merupakan masalah yang diketahui untuk turbin pelton. Di sisi lain, *nozzle* berinteraksi dengan beberapa *bucket* sekaligus, yang permukaannya memiliki bentuk 3D yang kompleks, untuk mencapai evakuasi air yang cepat dan lengkap serta meminimalkan energi yang terbuang.



Gambar 2 *Runner* Turbin Turgo [8]

Runner turgo memiliki kecepatan spesifik yang tinggi untuk turbin impuls, dan rasio diameter *nozzle* terhadap *runner* lebih tinggi daripada turbin pelton. Oleh karena itu, untuk daya ekuivalen turbin turgo biasanya memiliki *runner* yang lebih kecil dan berjalan pada kecepatan yang lebih tinggi. Ini membuatnya lebih layak untuk langsung menghubungkan poros turbin ke generator [8].

2.4 Perencanaan Desain Turbin Turgo

Dalam mendesain sudu turbin turgo diperlukan rumus – rumus untuk memperkirakan ukuran desain yang akan

dibentuk agar mampu menghasilkan *output* yang maksimal.

Berikut rumus – rumus dalam yang digunakan untuk membuat desain turbin turgo [9][10].

a. Kecepatan pancar air (c_1):

$$c_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (1)$$

b. Kecepatan tangensial (u_1):

$$u_1 = \frac{c_1}{2} \quad (2)$$

c. Diameter pancar air (d):

$$d = 0,545 \sqrt{\frac{Q}{Z0\sqrt{H}}} \quad (3)$$

d. Diameter roda (D):

$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n} \quad (4)$$

e. Ukuran Sudu (*Bucket*):
 1. Panjang *Bucket* =

$$3,4 \times d_j \quad (5)$$

2. Lebar *Bucket* =

$$2,34 \times d_j \quad (6)$$

3. Kedalaman *Bucket* =

$$0,585 \times d_j \quad (7)$$

f. Jumlah Sudu (*Bucket*):

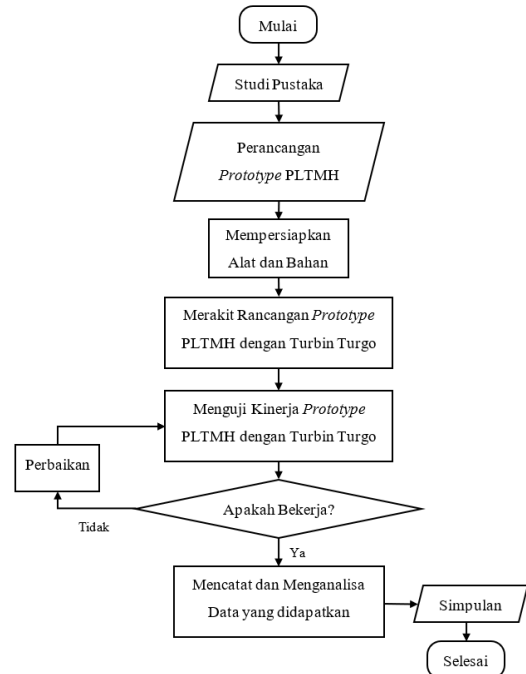
$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D}{d}} \quad (8)$$

g. Tekanan Fluida (P):

$$H = \frac{P}{\rho g} \quad (9)$$

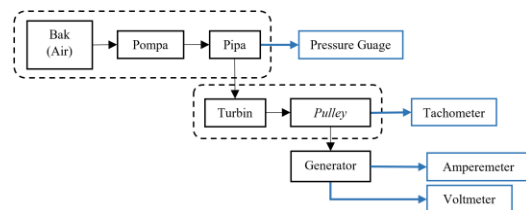
3. METODE PENELITIAN

Gambar 3 menunjukkan tahapan – tahapan yang dilaksanakan pada penelitian ini yakni mulai dari melakukan studi pustaka dengan mencari jurnal – jurnal dan artikel – artikel terkait penelitian, selanjutnya merancang desain *prototype* PLTMH yaitu membuat rancangan keseluruhan *prototype* PLTMH dan menggambar desain *prototype* PLTMH dari setiap bagian dalam bentuk 3D, lalu mempersiapkan alat dan bahan yaitu menentukan seluruh alat dan bahan yang dipakai dalam penelitian ini, berikutnya merakit rancangan lalu menguji kinerja *prototype* pada proses ini dilakukan perakitan seluruh alat dan bahan *prototype* dan melakukan pengujian terhadap putaran serta *output* tegangan dan arus dari generator, terakhir mencatat dan menganalisa data yakni mencatat data hasil putaran serta *output* tegangan dan arus dari generator dan melakukan analisa terhadap data hasil yang telah didapatkan dan membuat kesimpulan.



Gambar 3 Flowchart Alur Penelitian

Gambar 4 merupakan diagram alur dari sistem kerja *prototype* PLTMH dengan turbin turgo.



Gambar 4 Diagram Alur Sistem Kinerja *Prototype* PLTMH dengan Turbin Turgo

Adapun penjabaran dan fungsi dari setiap bagian diagram alur tersebut adalah air yang terdapat dalam bak air akan disedot menggunakan pompa dan dialirkan menggunakan pipa yang telah dipasang *nozzle* lalu air yang keluar dari *nozzle* akan memutar turbin yang menghasilkan energi mekanik. Turbin terhubung dengan *pulley* melalui poros dan *pulley* turbin ini dihubungkan dengan *belt*. Gaya mekanik yang dihasilkan turbin dan generator diukur menggunakan tachometer, sedangkan *output* tegangan generator diukur dengan voltmeter dan *output* arus generator diukur dengan amperemeter.

Dalam perancangan *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo dilakukan perhitungan dengan standar yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu debit air

(Q)= 4,5 L/s setara = 0,0045 m³/s, head (H) = 15 m, percepatan gravitasi (g) = 9,8 m/s² dan nilai n = 750 rpm. Berdasarkan nilai – nilai yang telah ditentukan dengan melakukan perhitungan pada rumus sebelumnya didapat hasil sebagai berikut:

- a. Kecepatan pancar air (c1):

$$c1 = \sqrt{2 \times 9,8 \times 15} = 17,14 \text{ m/s}$$
- b. Kecepatan tangensial (u1):

$$u = \frac{17,14}{2} = 8,57 \text{ m/s}$$
- c. Diameter pancar air (d):

$$d = 0,545 \sqrt{\frac{0,0045}{1 \times \sqrt{15}}} = 0,018 \text{ m} \approx 2 \text{ cm}$$
- d. Diameter roda (D):

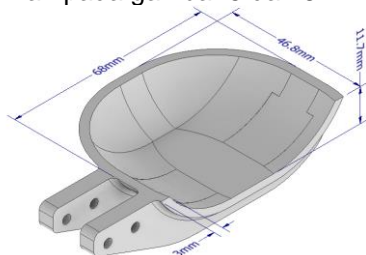
$$D = \frac{60 \times 8,57}{3,14 \times 750} = 0,2184 \text{ m} \approx 22 \text{ cm}$$
- e. Ukuran Sudu (Bucket):
 1. Panjang Bucket =
 $3,4 \times 2 = 6,8 \text{ cm}$
 2. Lebar Bucket =
 $2,34 \times 2 = 4,68 \text{ cm}$
 3. Kedalaman Bucket =
 $0,58 \times 2 = 1,17 \text{ cm}$
- f. Jumlah Sudu (Bucket):

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{22}{2}} = 17,91 \approx 18 \text{ bilah}$$
- g. Tekanan Fluida (P):

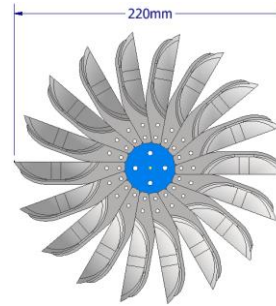
$$15 = \frac{P}{1000 \times 9,8} \text{ maka}$$

$$P = 147000 \text{ N/m}^2 \text{ atau } 21,32 \text{ psi}$$

Dalam *prototype* ini menggunakan jenis turbin turgo yang mempunyai jumlah sudu sejumlah 18 bilah dengan panjang sudu 6,8 cm, lebar sudu 4,68 cm, dan kedalaman sudu 1,17 cm dengan diameter keseluruhan dari *runner* 22 cm. Material yang dipakai dalam membentuk sudu yaitu PLA yang dibentuk oleh mesin 3D *printing*. Lalu material yang dipakai untuk membuat *disk* menggunakan akrilik yang memiliki ketebalan 1 cm. Berikut gambaran desain dari turbin turgo berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar 5 dan 6.

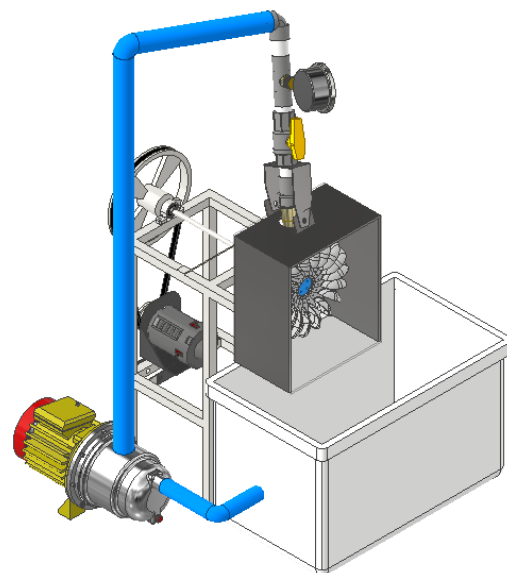


Gambar 5 Desain Sudu Turbin Turgo



Gambar 6 Desain Runner Turbin Turgo

Desain perancangan *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo yang sudah dibentuk secara keseluruhan ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7 Desain PLTMH dengan Turbin Turgo

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi *Prototype* PLTMH dengan Turbin Turgo

Realisasi Turbin dan *prototype* PLTMH menggunakan turbin turgo secara keseluruhan berdasarkan hasil dari perancangan desain yang telah dibentuk ditampilkan pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8 Realisasi Turbin Turgo



Gambar 9 Realisasi Prototype PLTMH

4.2 Pengujian Prototype PLTMH dengan Turbin Turgo

Dalam penelitian ini dilaksanakan pengujian – pengujian yang terkait dengan kemampuan prototype PLTMH dengan turbin turgo diantaranya pengukuran: debit air, putaran turbin, putaran generator, tegangan dan arus generator. Serta melakukan perhitungan terhadap data hasil pengukuran diantaranya: daya generator, torsi, efisiensi. Berdasarkan parameter yang telah diujikan didapat data hasil yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran dan Pengujian Prototype PLTMH

No.	Parameter	Nilai
1	Jumlah Sudu	18 buah
2	Sudut Nozzle	70°
3	Tekanan Air	21 psi
4	Debit Air	0,0045 m ³ /s
5	Putaran Turbin	782,8 rpm (sebelum dikopel generator)
		565,4 rpm (setelah dikopel generator)
6	Putaran Generator	1062,4 rpm (sebelum dikopel beban)
		850,2 rpm (setelah dikopel beban)
7	Tegangan	36,126 V (Beban 0W)
		8,296 V (Beban 260W)

8	Arus	0,876 A
9	Daya	7,268 W
10	Torsi	0,1228 Nm
11	Efisiensi	1,099 %

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian pengaruh pembebanan terhadap prototype PLTMH dengan turbin turgo guna memahami karakteristik daya mekanis serta elektris terhadap variasi beban. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel 2.

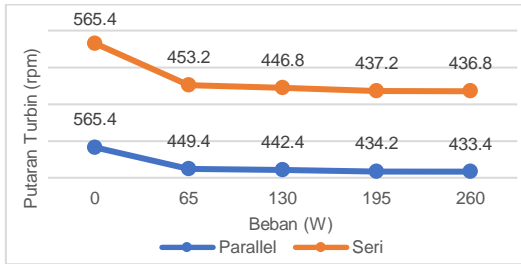
Tabel 2 Data Hasil Pengujian Pengaruh Pembebanan terhadap Daya Mekanis

Beban (W)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)
0	565,4	1062,4
Lampu 65 (Parallel)	449,4	885,4
Lampu 130 (Parallel)	442,4	866,6
Lampu 195 (Parallel)	434,2	857,6
Lampu 260 (Parallel)	433,4	850,2
Lampu 65 (Seri)	453,2	888
Lampu 130 (Seri)	446,8	872
Lampu 195 (Seri)	437,2	862,2
Lampu 260 (Seri)	436,8	853

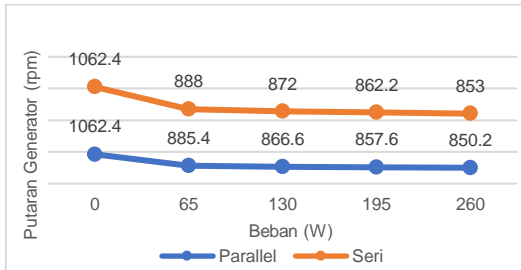
Tabel 3 Data Hasil Pengujian Pengaruh Pembebanan terhadap Daya Elektris

Beban (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
0	36,126	0	0
Lampu 65 (Parallel)	9,822	0,788	7,74
Lampu 130 (Parallel)	9,112	0,848	7,73
Lampu 195 (Parallel)	8,736	0,858	7,50
Lampu 260 (Parallel)	8,296	0,876	7,27
Lampu 65 (Seri)	33,318	0,09	3,00
Lampu 130 (Seri)	32,328	0,14	4,53
Lampu 195 (Seri)	31,842	0,168	5,35
Lampu 260 (Seri)	30,822	0,186	5,73

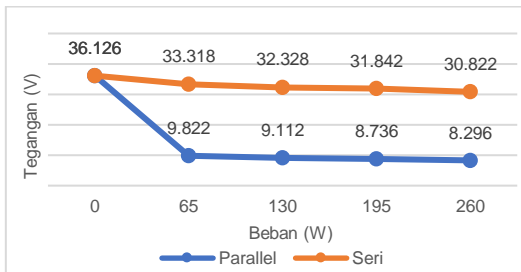
Berdasarkan data hasil pada tabel 2 dan 3 ditampilkan dalam bentuk grafik garis yang ditunjukkan pada gambar 10, 11, 12, 13, dan 14.



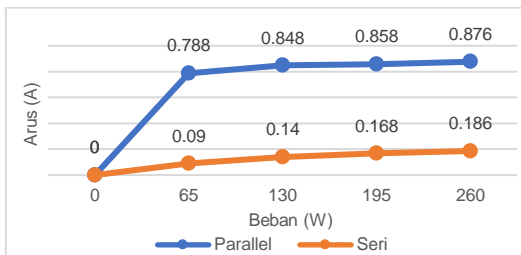
Gambar 10 Grafik Hubungan Beban dengan Putaran Turbin



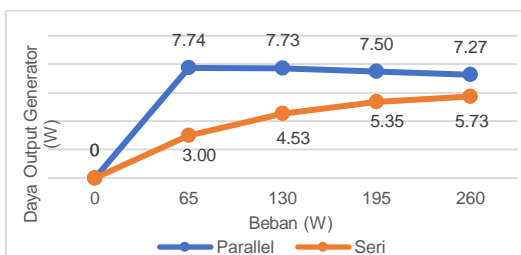
Gambar 11 Grafik Hubungan Beban dengan Putaran Generator



Gambar 12 Grafik Hubungan Beban dengan Tegangan Generator



Gambar 13 Grafik Hubungan Beban dengan Arus Generator



Gambar 14 Grafik Hubungan Beban dengan Daya Output Generator

Berdasarkan grafik dalam gambar 10, 11, 12, 13, dan 14 diperoleh hasil variasi beban berpengaruh terhadap kemampuan PLTMH yang membuat daya mekanis serta daya listrik yang diproduksi PLTMH berubah. Dalam daya mekanis terjadi penurunan seiring dengan kenaikan beban yang disambungkan parallel ataupun seri. Namun dalam daya listrik seiring terjadinya kenaikan beban yang disambungkan parallel maupun seri tegangan akan mengalami penurunan tetapi arus mengalami peningkatan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan:

1. Telah dibentuk *prototype* PLTMH dengan turbin turgo yang mempunyai sudu sejumlah 18 bilah dengan panjang 6,8 cm, lebar 4,68 cm, kedalaman 1,17 cm, dengan ketebalan 0,3 cm diameter *runner* keseluruhan 22 cm. *Prototype* ini mempunyai 1 buah *nozzle* dengan kemiringan sudut *nozzle* sebesar 70° yang menyemprotkan air bertekanan 21 psi. *Prototype* ini memproduksi daya sebesar 7,268 Watt dan torsi bernilai 0,1228 Nm maka *prototype* ini mempunyai efisiensi sebesar 1,099 %. Dilaksanakan juga uji coba pengaruh pembebanan yang menyebabkan berubahnya karakteristik tegangan, arus, serta daya *output* dari generator terhadap variasi penggunaan beban.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puskom KESDM. Kebijakan Pengembangan Tenaga Air; 2014. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2014/07/02/628/kebijakan.pengembangan.tenaga.air>
- [2] Uniyal, V., Kanojia, N. and Pandey, K., 2016. Design of 5kw Pico Hydro Power Plant Using Turgo Turbine. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(12), pp.363-367.
- [3] Apriansyah, F. Rusdinar, A. Darlis, D. 2016. Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal. e-

- Proceeding of Engineering : Vol.3,
No.1.
- [4] Jasa, L. 2017. Mikro Hidro; Strategi Memanfaatkan Energi Murah dan Ramah Lingkungan. Yogyakarta : Teknosain.
- [5] Mafruddin. 2016. Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- [6] Gilkes. Gilkes Turgo impulse hydro turbine; 2015. http://www.gilkes.com/user_uploads/turgo%20paper2.pdf
- [7] Gilbert Gilkes & Gordon Ltd. Improvements in water turbines. United Kingdom Patent; 1920.
- [8] Cobb, B. R., & Sharp, K. V. (2013). Impulse (Turgo and Pelton) turbine performance characteristics and their impact on pico-hydro installations. *Renewable energy*, 50, 959-964.
- [9] Dietzel, F., & Sriyono, D. (1988). *Turbin, pompa dan kompresor*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [10] Hnin Hnin Ei, Myat Myat Soe (2018); Flow Analysis of Turgo Impulse Turbine for Low Head Power Plant; International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP) 8(8) (ISSN: 2250-3153)