

PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP PUTARAN TURBIN DAN DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN *PROTOTYPE* PLTMH DENGAN TURBIN KAPLAN

Ravinda Ariestya Pamungkas¹, I Wayan Arta Wijaya², I Gusti Ngurah Janardana³

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

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali

Email_ravindaariestya@gmail.com¹, Email_artawijaya@ee.unud.ac.id²,

Email_janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Turbin Kaplan merupakan turbin yang sangat cocok digunakan di tempat yang headnya rendah tetapi membutuhkan debit yang besar. Permasalahan yang ada dari turbin Kaplan ini yaitu membutuhkan debit air yang besar untuk menguji parameter-parameter yang berpengaruh tetapi sulit dilakukan di lapangan karena debit air yang tersedia tidak konstan. Maka dari masalah tersebut perlu dibuatkan prototype PLTMH dengan menggunakan turbin Kaplan dengan skala laboratorium agar dapat melakukan pengujian dengan hasil output yang maksimum. Metode analisis yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan dari data primer yang didapatkan. Prototype pada penelitian ini diuji menggunakan debit aliran air dengan variasi diantaranya yaitu 8 liter/s, 10 liter/s, 12 liter/s, 14 liter/s dan 16 liter/s. Output maksimum yang didapat yaitu saat debit air paling besar yaitu 16 liter/s yang menghasilkan putaran turbin 228,3 rpm sebelum dikopel generator dan 172,5 rpm sesudah dikopel generator, putaran generator 902,5 rpm, tegangan generator sebesar 9,07 Volt, Arus generator sebesar 0,56 Ampere, daya generator sebesar 5,09 Watt, torsi didapatkan 0,28 Nm dengan efisiensi didapatkan 1,62 %. Berdasarkan hasil penelitian, nilai output maksimum dihasilkan oleh debit air 16 liter/s yang merupakan debit terbesar karena peningkatan debit air yang diberikan akan menyebabkan kinerja PLTMH semakin meningkat.

Kata kunci : Turbin Kaplan, Prototype PLTMH, Debit Air, Daya Output

ABSTRACT

Kaplan turbine is suitable turbine to use in the place that have small water fall (head) but need big water discharge. The problem from this turbine is the turbine need high water discharge to test the related parameters but it is too difficult to do because the water discharge is not constant in the river. Based on the problems described, it is necessary to make a hydro power plant prototype using a Kaplan turbine with a laboratory scale so that it can obtain maximum output result on a micro hydro power plant. The Method of analysis used is by calculating the primary data obtained. Prototype testing in this study uses water discharge that varies including 9 liter/s, 10 liter/s, 12 liter/s, 14 liter/s and 16 liter/s. The maximum output obtained is when the water discharge is 16 liter/s which produces a turbine rotation of 228,3 rpm before the generator is coupled and 172,5 rpm after the generator is coupled, the generator rotation is 902,5 rpm, the generator voltage is 9,07 Volts, the generator current is 0,56 Amperes, generator power is 5,09 Watt, torque is 0,28 Nm, and the efficiency occurs 1,62%. Based on the result of the study, the maximum output obtained is from the water discharge 16 liter/s which is the biggest water discharge because an increase in the value of water discharge will cause the micro hydro power plant performance to increase.

Key Words : Kaplan Turbine, Micro Hydro Power Plant Prototype, Water Discharge, Output Power

1. PENDAHULUAN

Salah satu dari sumber daya alam terbarukan yang melimpah dan banyak dapat dimanfaatkan di Indonesia ini adalah energi air. Karena Indonesia adalah negara kepulauan dimana banyak terdapat danau, sungai, air terjun dan juga bendungan. Pembangkit listrik tenaga air dapat dibuat dalam skala kecil maupun skala besar. Dimana jika skala besar membutuhkan lahan yang luas seperti danau dan untuk memanfaatkan lahan yang kecil seperti sungai, air terjun dapat dibuat dengan pembangkit listrik skala kecil yang dapat disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Dengan memanfaatkan air terjunan (*Head*) dan juga jumlah air yang mengalir (debit air) [1].

Salah satu alat/komponen yang digunakan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam PLTMH adalah turbin. Turbin berfungsi untuk menghasilkan energi mekanik dengan mengkonversi energi potensial dan energi kinetik air. Terdapat banyak jenis turbin yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, salah satunya adalah turbin Kaplan [2].

Turbin Kaplan merupakan jenis turbin reaksi dengan memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Turbin Kaplan merupakan perkembangan dari turbin francis. Merupakan turbin yang sangat cocok digunakan di tempat yang *headnya* rendah tetapi membutuhkan debit yang besar. Dan juga turbin Kaplan dapat menyesuaikan terhadap *head* yang berubah-ubah karena sudut *runner* (sudu gerak) dapat diatur dengan menyesuaikan kondisi debit air. Maka turbin ini cocok untuk digunakan pada PLTMH untuk di sungai-sungai karena kecepatan spesifiknya yang tinggi [3].

Permasalahan yang ada pada turbin Kaplan yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yaitu *head* dan debit air yang dihasilkan tidak selalu ada (konstan) dikarenakan turbin Kaplan membutuhkan debit air yang besar [1]. Pada penelitian sebelumnya tidak menggunakan generator

sehingga tidak didapatkan hasil dari putaran torsi dan daya yang dihasilkan [3]. Maka dari itu perlu dibuatkan *prototype* PLTMH menggunakan turbin Kaplan dengan skala laboratorium sehingga dapat melakukan pengujian dengan debit air yang konstan (menggantikan *head* di lapangan) dengan menggunakan perbandingan dari tekanan dan debit air dikarenakan perbandingan debit air dan tekanan berbanding lurus [4]. Pada *prototype* ini menggunakan generator untuk menghasilkan *output* yang maksimum.

Pada penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh variasi debit air dengan menggunakan pompa sehingga dapat mengatur debit yang akan digunakan terhadap putaran yang dihasilkan oleh turbin Kaplan dengan menggunakan generator untuk dapat melihat hasil efisiensi, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) skala laboratorium dengan menggunakan turbin Kaplan yang kedepannya dapat digunakan untuk mengaplikasikan sebuah PLTMH dengan turbin Kaplan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan merupakan kelompok turbin reaksi jenis turbin *propeller*. Dimana air yang mengalir dari pipa masukan yang mula-mula memasuki *spiral casing* yang diarahkan untuk memasuki *guide vane* (sudu pengarah) secara tangensial. Setelah keluar dari *guide vane* aliran air bergerak dengan gaya aksial kemudian air menggerakkan *runner* (sudu gerak). Pada *runner*, aliran air mengalami perubahan momentum yang menyebabkan timbulnya putaran pada poros turbin air yang kemudian air keluar melalui *draft tube* (saluran pembuangan) [1].

2.2 Perhitungan Debit Air

Berikut merupakan perhitungan debit air:

- a. Debit Air (Q) untuk menentukan debit optimal untuk menggerakkan turbin [3]:

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

Keterangan:

Q = Debit Air (m³/s)

g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s²)

H = Tinggi Jatuh Air (m)

- b. Debit Air (Q) untuk menentukan variasi debit air terhadap volume bejana per satuan waktu [4]:

$$Q = \frac{\text{Volume Bejana}}{\text{Waktu Untuk Memenuhi Bejana}} \quad (2)$$

2.3 Perhitungan Daya, Torsi dan Efisiensi

Daya hidrolis adalah hasil daya dari air yang mengalir jatuh dari suatu ketinggian. Dalam hal ini daya hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa [5]:

$$P_{\text{Hidrolis}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (3)$$

Keterangan:

P_{Hidrolis} = Daya Hidrolis (Watt)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m³)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

h = Tinggi Jatuh Air (m)

Daya *output* yang dihasilkan dari generator menggunakan persamaan [6]:

$$P_{\text{Out}} = I \cdot V \quad (4)$$

Keterangan :

P_{Out} = Daya listrik yang Dihasilkan Generator (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

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

$$\eta_{\text{PLTMH}} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

η_{PLTMH} = Efisiensi Sistem PLTMH

P_G = Daya Generator

P_H = Daya Hidrolisis

Torsi yang dimiliki turbin adalah:

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

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

P = Daya (Watt)

n = Kecepatan Putaran Turbin (rpm)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi perancangan PLTMH dengan menggunakan turbin kaplan skala laboratorium yang diujikan dengan menggunakan debit air yang bervariasi terhadap karakteristik *output* dari PLTMH dengan menggunakan turbin Kaplan skala laboratorium.

3.1 Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pada tabel 1 merupakan parameter yang ditetapkan sebagai data perencanaan PLTMH pada penelitian ini.

Tabel 1. Data Perencanaan PLTMH

| Parameter | Nilai |
|---------------|----------------|
| Head | Setara 2 Meter |
| Diameter Pipa | 2 dim |
| Volume Box | 220 liter |

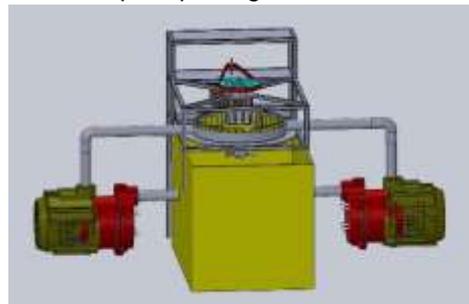
Pada tabel 2 merupakan data pemodelan *runner* dan *guide vane* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Data Pemodelan Turbin Kaplan

| | Parameter | Nilai |
|------------|-----------------|---------|
| Runner | Diameter Luar | 0,16 m |
| | Diameter Poros | 0,06 m |
| | Lebar Sudu | 0,05 m |
| | Jumlah Sudu | 5 Buah |
| Guide Vane | Tinggi | 0,05 m |
| | Jumlah | 30 buah |
| | Diameter Outlet | 0,50 m |
| | Diameter Inlet | 0,33 m |
| | Sudut Buka | 30° |

3.2 Desain Pemodelan PLTMH

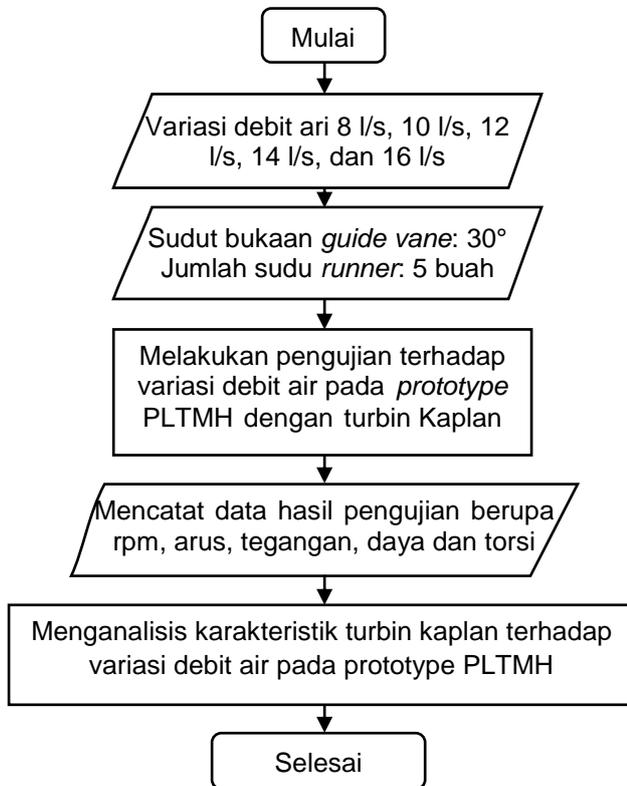
Mempersiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan PLTMH dengan turbin kaplan kemudian merancang ke dalam bentuk *prototype* PLTMH. Seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Pemodelan PLTMH

3.3 Tahapan Penelitian dan Pengujian

Gambar 2 merupakan tahapan yang dilakukan dalam penelitian:



Gambar 2. Diagram Alir Pengujian Debit Air *Prototype* PLTMH

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 2.

Tahapan pengujian variasi debit air terhadap karakteristik turbin kaplan diawali dengan menentukan debit air dengan variasi 8 l/s, 10 l/s, 12 l/s, 14 l/s dan 16 l/s, kemudian menentukan sudut bukaan *guide vane* yaitu sebesar 30° dan jumlah sudu yang akan digunakan yaitu 5 buah. Pengujian variasi debit air dilakukan masing-masing sudut bukaan *guide vane* dan jumlah sudu yang digunakan, data hasil pengujian yang didapatkan berupa nilai putaran turbin, putaran generator, arus, tegangan, daya, dan torsi pada generator. Nilai parameter yang telah didapatkan pada tahap pengujian selanjutnya dianalisis dalam

bentuk grafik putaran turbin, π arus, tegangan, daya, putaran generator dan torsi dari generator terhadap variasi debit air. Kemudian menganalisis efisiensi *prototype* PLTMH menggunakan turbin kaplan dan menentukan efisiensi tertinggi dari variasi debit air yang digunakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi *Prototype* PLTMH Menggunakan Turbin Kaplan

Berikut merupakan realisasi dari *prototype* PLTMH yang terdiri dari beberapa komponen yang dijadikan satu alat dapat dilihat pada gambar 3 yang merupakan dokumentasi pribadi penulis.



Gambar 3. Realisasi *Prototype* PLTMH Menggunakan Turbin Kaplan

4.2 Data Hasil Pengukuran Variasi Debit Air Terhadap Karakteristik *Output* PLTMH Dengan Turbin Kaplan

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh debit air terhadap karakteristik *output* dari kinerja PLTMH. Pengukuran ini menggunakan variasi debit 8 l/s, 10 l/s, 12 l/s, 14 l/s dan 16 l/s dengan jumlah sudu 5 buah dan sudut bukaan *guide vane* 30°. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap pengujian sehingga data yang dihasilkan lebih akurat.

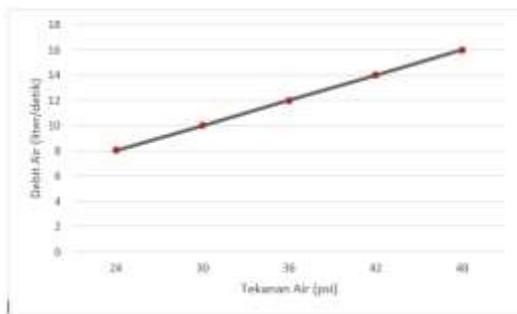
4.2.1 Pengukuran Debit Air

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Menggunakan metode penampungan air dengan menggunakan

box 45 liter, disesuaikan dengan pengaturan tekanan air yang diberikan dengan menggunakan manometer. Pengukuran ini dilakukan dengan cara mencatat waktu yang diperoleh untuk memenuhi bak dengan variasi tekanan yang diberikan.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Air Terhadap Tekanan yang Diberikan Oleh Pompa

| Tekanan Pompa (psi) | Volume Box (Liter) | Waktu (s) | Debit Air (liter/s) |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------------|
| 24 | 45 | 11 | 8 |
| 30 | | 9 | 10 |
| 36 | | 7.5 | 12 |
| 42 | | 6.5 | 14 |
| 48 | | 5.5 | 16 |



Gambar 4. Grafik Perubahan Tekanan Air Terhadap Debit Air

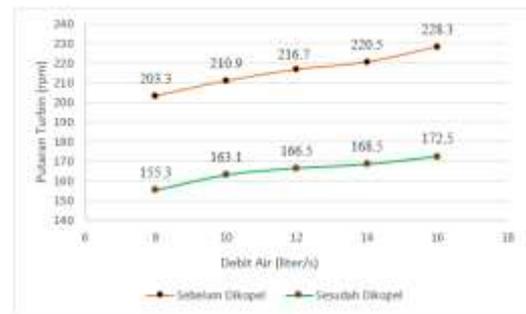
Pada tabel 3 dan gambar 4 dapat diketahui bahwa debit air akan meningkat seiring meningkatnya debit air dikarenakan semakin besarnya tekanan yang diberikan maka aliran air semakin besar untuk memenuhi box penampungan sehingga debit air semakin membesar.

4.2.2 Pengukuran Variasi Debit Air Terhadap Putaran Turbin

Pengukuran putaran turbin ini dilakukan sebelum dan sesudah di kopel dengan generator dengan cara menempelkan tachometer pada poros. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 5.

Tabel 4. Hasil Rata-Rata Pengukuran Putaran Turbin Sebelum dan Sesudah Dikopel oleh Generator

| Debit Air (liter/s) | Rata-Rata Putaran Turbin (rpm) | |
|---------------------|--------------------------------|-----------------|
| | Sebelum Dikopel | Sesudah Dikopel |
| 8 | 203.3 | 155.3 |
| 10 | 210.9 | 163.1 |
| 12 | 216.7 | 166.5 |
| 14 | 220.5 | 168.5 |
| 16 | 228.3 | 172.5 |



Gambar 5. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Putaran Turbin

Pada tabel 4 dan gambar 5 dapat diketahui bahwa putaran turbin akan semakin cepat seiring dengan peningkatan debit air. Putaran debit tertinggi dihasilkan saat debit 16 liter/s baik sebelum dikopel dengan kecepatan 228,3 rpm dan 203,3 rpm saat sudah dikopel. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya debit air yang menyebabkan gaya aksial yang dihasilkan dari *guide vane* semakin besar untuk menggerakkan turbin sehingga turbin akan semakin cepat berputar. Saat dikopel kecepatan putaran turbin menurun akibat turbin mendapatkan beban kerja untuk memutar generator.

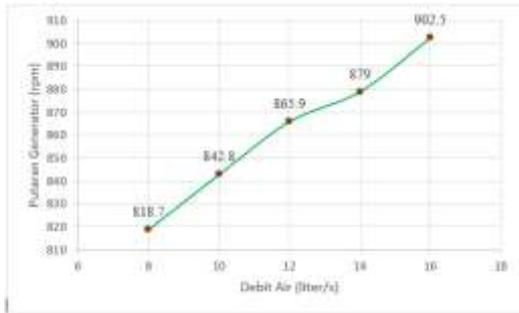
4.2.3 Pengukuran Variasi Debit Air Terhadap Putaran Generator

Berdasarkan dari pengukuran didapatkan hasil pengujian pada tabel 5 dan gambar 6.

Tabel 5. Hasil Rata-Rata Pengukuran Putaran Generator

| Debit Air (Liter/s) | Rata-Rata Putaran Generator (rpm) |
|---------------------|-----------------------------------|
| 8 | 818.7 |
| 10 | 842.8 |
| 12 | 865.9 |
| 14 | 879 |

| | |
|----|-------|
| 16 | 902.5 |
|----|-------|



Gambar 6. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Putaran Generator

Pada tabel 5 dan gambar 6 dapat dilihat bahwa putaran generator semakin cepat seiring dengan peningkatan debit air. Putaran debit tertinggi didapat pada debit 16 liter/s dengan kecepatan 902,5 rpm dan yang terendah terjadi pada debit 8 liter/s dengan kecepatan 818,7 rpm. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya debit air yang menyebabkan gaya aksial dari *guide vane* semakin besar untuk menggerakkan turbin semakin cepat berputar, dengan semakin meningkatnya putaran turbin maka akan menyebabkan generator semakin cepat berputar. Dengan perbandingan ukuran *pulley* turbin dan generator adalah 5:1.

4.2.4 Pengukuran Tegangan Generator Sebelum dan Sesudah Dikopel dengan Beban

Berdasarkan dari pengukuran didapatkan hasil pengujian pada tabel 6 dan gambar 7.

Tabel 6. Hasil Rata-Rata Pengukuran Tegangan Generator Tanpa Beban dan Dengan Beban Lampu 30 Watt

| Debit Air (liter/s) | Rata-Rata Pengukuran Tegangan Generator (V) | |
|---------------------|---|---------------------|
| | Tanpa Beban | Beban Lampu 30 Watt |
| 8 | 11.03 | 8.54 |
| 10 | 11.87 | 8.73 |
| 12 | 12.07 | 8.80 |
| 14 | 12.63 | 8.95 |
| 16 | 13.11 | 9.07 |



Gambar 7. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Tegangan Generator

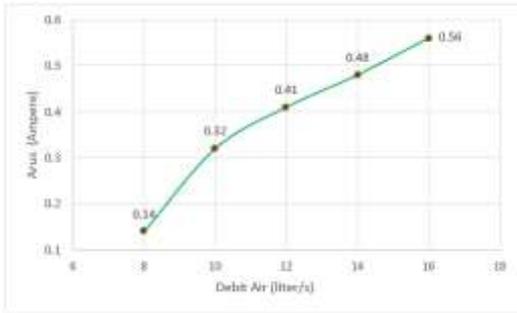
Pada tabel 6 dan gambar 7 dapat dilihat bahwa tegangan generator akan semakin besar seiring dengan peningkatan debit air. Tegangan generator tanpa beban tertinggi terjadi ketika debit 16 liter/s dengan tegangan sebesar 13,11 Volt dan yang terendah terjadi pada debit 8 liter/s dengan tegangan 11,03 Volt. Tegangan generator dengan beban lampu 30 Watt tertinggi terjadi pada debit 16 liter/s dengan tegangan 9,07 Volt dan yang terendah terjadi pada debit 8 liter/s dengan tegangan 8,54 Volt. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya debit air yang menyebabkan generator semakin cepat berputar sehingga tegangan yang dihasilkan semakin besar.

4.2.5 Pengukuran Arus Generator Sebelum dan Sesudah Dikopel dengan Beban

Berdasarkan dari pengukuran didapatkan hasil pengujian pada tabel 7 dan gambar 8.

Tabel 7. Hasil Rata-Rata Pengukuran Arus Generator Tanpa Beban dan Dengan Beban 30 Watt

| Debit Air (liter/s) | Rata-Rata Pengukuran Arus Generator (A) | |
|---------------------|---|---------------------|
| | Tanpa Beban | Beban Lampu 30 Watt |
| 8 | - | 0.14 |
| 10 | - | 0.32 |
| 12 | - | 0.41 |
| 14 | - | 0.48 |
| 16 | - | 0.56 |



Gambar 8. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Arus Generator

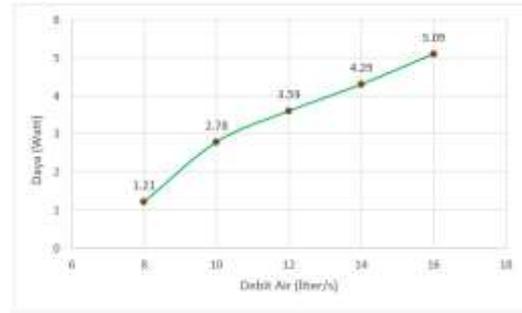
Pada tabel 7 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa arus generator akan semakin besar seiring dengan peningkatan debit air. Arus generator tertinggi terjadi pada debit 16 liter/s dengan arus sebesar 0,56 Ampere dan yang terendah terjadi saat debit terendah 8 liter/s dengan arus sebesar 0,14 Ampere. Hal ini terjadi karena debit air yang diberikan semakin meningkat sehingga akan menyebabkan turbin semakin cepat berputar yang menyebabkan generator juga semakin cepat berputar sehingga dihasilkan arus yang semakin besar pula.

4.2.6 Pengukuran Daya Generator Terhadap Variasi Debit Air

Berdasarkan dari pengukuran didapatkan hasil pengujian pada tabel 8 dan gambar 9.

Tabel 8. Hasil Rata-Rata Pengukuran Daya Generator Tanpa Beban dan Dengan Beban Lampu 30 Watt

| Debit Air (liter/s) | Rata-Rata Pengukuran Daya Generator (W) | |
|---------------------|---|---------------------|
| | Tanpa Beban | Beban Lampu 30 Watt |
| 8 | - | 1.21 |
| 10 | - | 2.78 |
| 12 | - | 3.59 |
| 14 | - | 4.29 |
| 16 | - | 5.09 |



Gambar 9. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Daya Generator

Pada tabel 8 dan gambar 9 dapat dilihat bahwa daya generator akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan debit air. Daya generator tertinggi yaitu pada saat debit 16 liter/s dengan daya sebesar 5,09 Watt dan yang terendah yaitu pada saat debit air 8 liter/s dengan daya sebesar 1,21 Watt. Hal ini terjadi karena debit air yang diberikan semakin besar untuk memutar turbin semakin cepat sehingga generator juga semakin cepat berputar sehingga dihasilkan daya yang semakin besar.

4.2.7 Perhitungan Daya Hidrolis pada PLTMH Menggunakan Turbin Kaplan

Perhitungan daya hidrolis berdasarkan debit air yang diperoleh sesuai pada tabel 3, maka perhitungan daya hidrolis yang dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

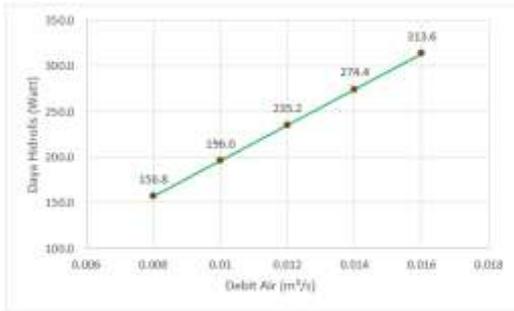
Menggunakan debit air 12 liter/s, maka:

$$P_H = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s} \cdot 0,012 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2 \text{ m} = 235,2 \text{ Watt untuk 12 liter/s}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil pada tabel 9 dan gambar 10.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Daya Hidrolis Terhadap Variasi Debit Air

| Debit Air (m ³ /s) | Massa Jenis Air (kg/m ³) | Gaya Gravitasi (m/s ²) | Head (m) | Daya Hidrolis (Watt) |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------|----------------------|
| 0.008 | 1000 | 9.8 | 2 | 156.8 |
| 0.010 | | | | 196.0 |
| 0.012 | | | | 235.2 |
| 0.014 | | | | 274.4 |
| 0.016 | | | | 313.6 |



Gambar 10. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Daya Hidrolis

Pada tabel 9 dan gambar 10 dapat dilihat bahwa daya hidrolis akan meningkat seiring peningkatan debit air. Daya hidrolis tertinggi terjadi saat debit 16 liter/s dengan daya sebesar 313,3 Watt dan terendah saat 8 liter/s sebesar 156,8 Watt.

4.2.8 Perhitungan Efisiensi pada PLTMH menggunakan Turbin Kaplan

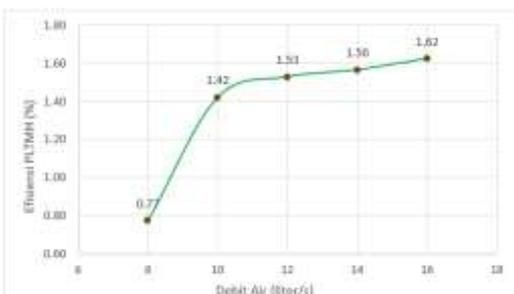
Perhitungan efisiensi didapatkan dari daya *output* dibagi daya input, dengan perhitungan:

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% = \frac{3.59}{235.2} \cdot 100\% = 1,53\% \text{ untuk } 12 \text{ liter/s}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan tersebut didapatkan hasil pada tabel 10 dan gambar 11.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Efisiensi PLTMH Terhadap Variasi Debit Air

| Debit Air (liter/s) | Daya Generator (Watt) | Daya Hidrolis (Watt) | Efisiensi PLTMH (%) |
|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| 8 | 1.21 | 156.8 | 0.77 |
| 10 | 2.78 | 196.0 | 1.42 |
| 12 | 3.59 | 235.2 | 1.53 |
| 14 | 4.29 | 274.4 | 1.56 |
| 16 | 5.09 | 313.6 | 1.62 |



Gambar 11. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Efisiensi PLTMH

Pada tabel 10 dan gambar 11 dapat dilihat bahwa seiring peningkatan debit air maka efisiensi PLTMH juga meningkat. Efisiensi PLTMH tertinggi saat debit 16 liter/s yaitu 1,62 % dan terendah saat debit 8 liter/s yaitu 0,77 %. Dapat dikatakan bahwa debit aliran air yang semakin besar maka semakin besar juga efisiensi yang dihasilkan.

4.2.9 Perhitungan Torsi pada PLTMH Menggunakan Turbin Kaplan

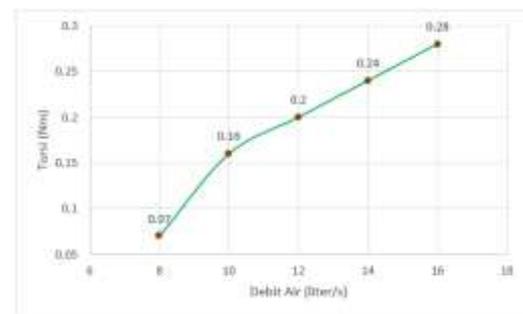
Perhitungan torsi didapatkan dengan perhitungan:

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{\pi}{60}} = \frac{3.59}{2 \cdot 3.14 \cdot \frac{166.5}{60}} = 0,20 \text{ Nm untuk } 12 \text{ liter/s}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil pada tabel 11 dan gambar 12.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Torsi Terhadap Variasi Debit Air

| Debit Air (liter/s) | Daya Generator (Watt) | Putaran Turbin (rpm) | Torsi (Nm) |
|---------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| 8 | 1.21 | 155.3 | 0.07 |
| 10 | 2.78 | 163.1 | 0.16 |
| 12 | 3.59 | 166.5 | 0.20 |
| 14 | 4.29 | 168.5 | 0.24 |
| 16 | 5.09 | 172.5 | 0.28 |



Gambar 12. Grafik Perubahan Debit Air Terhadap Torsi

Pada tabel 11 dan gambar 12 dapat dilihat bahwa debit air yang diberikan akan menyebabkan torsi meningkat. Torsi tertinggi terjadi pada debit 16 liter/s sebesar 0,28 Nm dan terendah terjadi pada debit 8 liter/s dengan besar 0,07 Nm.

5. SIMPULAN

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

1. Debit air dengan jumlah sudu 5 dan sudut bukaan *guide vane* 30° sangat berpengaruh terhadap karakteristik *output prototype* PLTMH.
2. Berdasarkan hasil pengukuran *prototype* PLTMH, debit air 16 liter/s menghasilkan putaran turbin tertinggi.
3. *Output* maksimum yang diperoleh pada pengujian *prototype* PLTMH yaitu pada debit 16 liter/s yang menghasilkan putaran turbin sebesar 228,3 rpm sebelum dikopel generator dan 172,5 rpm sesudah dikopel generator, putaran generator sebesar 902,5 rpm, tegangan generator sebesar 9,07 Volt, Arus generator sebesar 0,56 Ampere dan daya generator sebesar 5,09 Watt,
4. Efisiensi tertinggi terjadi pada debit 16 liter/s yaitu sebesar 1,62 % dikarenakan desain yang ideal dari perancangan turbin pada *prototype* PLTMH ini adalah dengan menggunakan debit aliran air yang besar,

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusnadi, dkk. 2018. Rancang Bangun dan Uji Performansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikrohidro. TURBO Vol. 7 No.2
- [2] Apriansyah, dkk. 2016. Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal. *e-Proceeding of Engineering* : Vol.3, No.1.
- [3] Sugiyanto D., Tugimin. 2016. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Kaplan dengan Variasi Debit Air. Jakarta : Universitas 17 Agustus 1945, Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [4] Krishnastana, M.A.K. , Jasa, L. , Weking A. I. 2018. Studi Analisis Perubahan Debit dan Tekanan Air pada Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol 17, No 2.
- [5] Putra, I G. W. , Weking A. I. , Jasa L. 2018. Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 17 (3) : 385-392
- [6] Wiranata, I P. A. , Janardana, I G. N. , Wijaya, I W. A. 2020. Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin Cross-Flow. Jurnal SPEKTRUM Vol 7, No. 4.