

# POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DENGAN TURBIN KAPLAN PADA SUNGAI MAMBAL

I Kadek Oki Dwi Lasmana<sup>1</sup>, Cokorda Gede Indra Partha<sup>2</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>3</sup>

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

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

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

Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali

[Odwilasmana@gmail.com](mailto:Odwilasmana@gmail.com)<sup>1</sup>, [cokindra@unud.ac.id](mailto:cokindra@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [artawijaya@unud.ac.id](mailto:artawijaya@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Turbin kaplan merupakan jenis turbin reaksi yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Turbin Kaplan sangat cocok digunakan di tempat yang headnya rendah tetapi membutuhkan debit yang besar. Saat ini turbin kaplan masih sangat sedikit digunakan di Indonesia khususnya di Bali. Sehingga untuk mendapatkan data-data spesifikasi yang berkaitan dengan turbin kaplan sulit didapatkan. Banyak prototype – prototype yang dibuat dengan skala laboratorium untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penelitian ini membahas tentang hasil output tegangan, arus, daya, dan efisiensi yang dapat dihasilkan *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin kaplan. Penelitian ini juga membahas kajian analisa dari potensi tenaga air yang ada yaitu, debit aliran air dan tinggi terjunan air (*head*) dari aliran air Sungai Mambal. Pengujian Prototype ini menggunakan debit aliran air sebesar 6 L atau 0,006 m<sup>3</sup>/s bukaan sudut sudu pengarah (*guide vane*) sebesar 30 ° dan jumlah sudu penggerak (*Runner blade*) sebanyak 5 buah sudu. Pada pengujian tanpa beban didapatkan hasil rata-rata putaran turbin sebelum dikopel generator sebesar 556 rpm, hasil rata-rata putaran turbin setelah dikopel sebesar 353 rpm. Hasil rata-rata putaran turbin terbesar yaitu sebesar 303 rpm, hasil putaran generator terbesar yaitu sebesar 499 rpm, hasil rata-rata tegangan generator terbesar yaitu sebesar 5,60 volt, hasil rata-rata arus generator terbesar yaitu sebesar 0,61 Ampere, hasil rata-rata daya generator terbesar yaitu sebesar 1,93 Watt, hasil torsi terbesar yaitu sebesar 0,14 Nm, hasil efisiensi PLTMH terbesar yaitu sebesar 5,1%.

**Kata kunci :** *Prototype* PLTMH, Turbin Kaplan, Debit Air, Output yang dihasilkan

## ABSTRACT

*The Kaplan turbine is a type of reaction turbine that utilizes potential energy to generate motion energy. The Kaplan turbine is very suitable for use in places where the head is low but requires a large discharge. Currently Kaplan turbines are still very little used in Indonesia, especially in Bali. So that it is difficult to obtain specification data relating to Kaplan turbines. Many prototypes are made on a laboratory scale to get maximum results. This study discusses the results of the output voltage, current, power, and efficiency that can be produced by a PLTMH prototype using a Kaplan turbine. This study also discusses the analytical study of the existing hydropower potential, namely, the water flow rate and the height of the water fall (head) of the Mambal River water flow. This prototype test uses a water flow rate of 6 L or 0.006 m<sup>3</sup>/s with a guide vane angle of 30 ° and a total of 5 runner blades. In the no-load test, the average turbine rotation before being coupled to the generator was 556 rpm, the average turbine rotation after being coupled was 353 rpm. The average result of the largest turbine rotation is 303 rpm, the largest generator rotation result is 499 rpm, the largest generator voltage average result is 5.60 volts, the largest average generator current result is 0.61 Ampere, the result the largest average generator power is 1.93 Watt, the largest torque is 0.14 Nm, the largest PLTMH efficiency is 5.1%.*

**Key Words :** *Prototype of PLTMH, Kaplan Turbine, Water Discharge, Output produced*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki berbagai jenis sumber daya yang sangat melimpah, dimana sumber daya ini berasal dari fosil sehingga yang dihasilkan berupa minyak bumi, batubara, gas alam dan juga sumber energi terbarukan. Energi terbarukan ini misalnya seperti tenaga surya, air, angin, geothermal dan juga biomasa. Seiring dengan kemajuan di bidang teknologi dan industri serta sedang meningkatnya perkembangan ekonomi dan juga pertambahan jumlah penduduk di Indonesia, energi terbarukan ini dapat dimanfaatkan pada kehidupan manusia yang sebagian besar kebutuhan hidup maupun peralatannya membutuhkan energi listrik. Jika manusia terus bergantung kepada energi fosil maka hal tersebut akan berdampak untuk masa depan karena bahan bakar fosil ini sifatnya terbatas [1].

Penggunaan energi di Indonesia didominasi oleh minyak, diikuti oleh gas, dan batubara. Maka dari itu impor minyak akan meningkat untuk memenuhi permintaan domestic, karena energi listrik ini merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi setiap aktifitas dari manusia seperti dalam bidang industri, transportasi dan lainnya. Maka dari itu untuk menghindari kelangkaan bahan bakar fosil maka caranya adalah dengan memanfaatkan sumber daya alam yang terbarukan seperti energi surya, air, angin, geothermal dan juga biomasa. Program yang pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) ini salah satunya menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), yaitu memanfaatkan debit air dari aliran sungai, air terjun, dan saluran irigasi [2].

Turbin merupakan salah satu alat atau komponen yang digunakan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam PLTMH adalah turbin. Turbin berfungsi mengkonversi energi potensial dan energi kinetik dari air menjadi energi mekanik. Turbin kaplan merupakan jenis turbin reaksi yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Turbin Kaplan 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 sangat

cocok digunakan pada PLTMH untuk di sungai-sungai karena kecepatan spesifiknya yang tinggi.

Turbin kaplan saat ini masih sangat sedikit digunakan di Indonesia khususnya di Bali. Sehingga untuk mendapatkan data-data spesifikasi yang berkaitan dengan turbin kaplan sulit didapatkan. Pada penelitian ini membahas tentang tegangan, arus, daya, dan efisiensi yang dapat dihasilkan *prototype* PLTMH dengan menggunakan turbin kaplan. Penelitian ini juga membahas kajian analisa dari potensi tenaga air yang ada yaitu, debit aliran air dan tinggi terjunan air (*head*) dari aliran air Sungai Mambal, pengaruh sudut bukaan guide vane dan tekanan air pada aliran Sungai Mambal terhadap putaran yang dihasilkan oleh turbin kaplan, dengan bukaan guide vane sebesar 30° dan jumlah guide vane sebanyak 30 buah menggunakan generator DC magnet permanen sehingga dapat dilihat tegangan, arus, daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh pemodelan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan turbin kaplan.

## 2. METODE OPTIMASI

### 2.1 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan merupakan turbin reaksi dengan bentuk spesifikasi seperti baling baling kapal (propeller). Dimana aliran air dari sungai mambal masuk ke dalam pipa masukan menuju guide vane (sudu pengarah) secara tangensial. Setelah air memasuki guide vane maka air akan di arahkan menuju sudu penggerak (runner). Saat air menuju runner aliran air akan mengalami perubahan momentum yang mengakibatkan timbulnya putaran (gerak) pada poros turbin yang kemudia air akan di alirkan keluar melalui draft tube (saluran pembuangan) [1].

### 2.2 Perhitungan Potensi Aliran Air

Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air. Berikut merupakan rumus perhitungan untuk mencari potensi aliran air [3].

$$E_p = m \times g \times h$$

Dimana :

$E_p$  = Energi potensial air

$m$  = Massa air (kg)

- g = Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- h = Tinggi jatuh air (m)

**2.3 Perhitungan Debit Air**

Debit merupakan suatu besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu waktu yang melewati suatu penampang luas. Hal tersebut sesuai dengan persamaan kontinuitas  $Q = A \cdot V$  aliran fluida yang dialirkan pasti akan memiliki kecepatan aliran tertentu [3].

$$Q = A \cdot V$$

Dimana untuk menghitung kecepatan aliran digunakan persamaan yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

Q = Debit Air (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan Air (m/s)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

**2.4 Perhitungan daya hidrolis**

Daya hidrolis adalah hasil dari air yang mengalir dari suatu ketinggian.

$$WFH = \rho \times g \times Q \times H$$

Dimana :

WHP = Daya hidrolis air (watt)

p = Densitas air (kg/m<sup>3</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

H = Head (m)

**2.5 Perhitungan Torsi**

Gerak rotasi, adalah penyebab berputarnya sebuah benda pada momen gaya atau torsi. Besarnya torsi tergantung pada gaya yang dikeluarkan serta jarak antara sumbu putaran dan letak gaya [4].

$$T = 9,75 \cdot 10^5 \frac{Pd}{n}$$

Keterangan :

T = Torsi(kgmm)

P<sub>d</sub> = F<sub>c</sub> x P (kw)

n = Putaran Turbin(rpm)

**2.5 Perhitungan Efisiensi**

Efisiensi turbin ( $\eta_T$ ) menunjukkan rasio kinerja turbin terhadap energi

penggerakannya. Semakin besar efisien turbin maka semakin baik, karena berarti semakin kecil energi yang terbuang. Efisiensi sistem ( $\eta_{PLTMH}$ ) adalah kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi kinetik dari air yang mengalir menjadi energi listrik [5].

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\%$$

Keterangan :

$\eta_T$  = Efisiensi Turbin

$\eta_G$  = Efisiensi Generator

$\eta_{PLTMH}$  = 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 tentang *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan turbin Kaplan di sungai mambal. Dimana pada penelitian ini menggunakan aliran air sungai mambal yang kontinyu sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dilapangan. Perencanaan system pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh). Perencanaan sistem dibuat dengan menetapkan nilai *head*, *volume box*, diameter pipa dan dimensi rangka yang digunakan .

Tabel 1. Data Perencanaan Sistem PLTMH

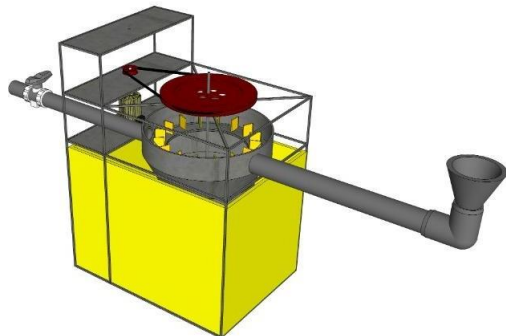
No.	Parameter	Nilai
1	Volume Box	0,238 m <sup>3</sup>
2	Diameter Pipa	4 dim / 0,11 m
3	Tinggi Rangka	1 m
4	Panjang Rangka	2,26 m
5	Lebar Rangka	0,56 m
6	Panjang Pipa	1,5 m

Parameter pemodelan turbin Kaplan untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

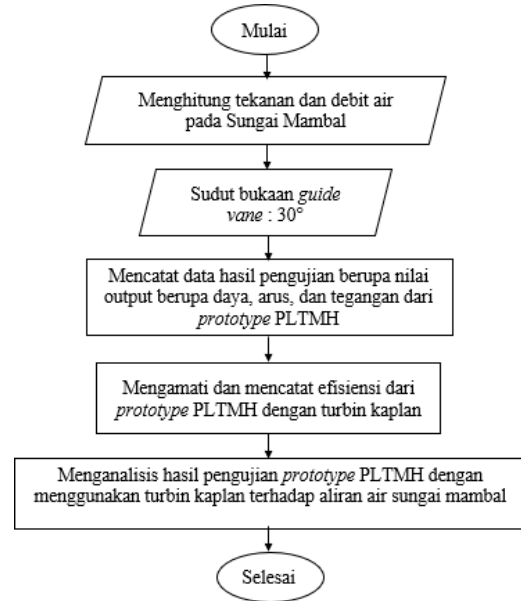
Tabel 2. Parameter Pemodelan Turbin Kaplan

Nama Komponen	Parameter	Nilai
Runner	Diameter Luar Runner	0,16 meter
	Diameter Leher Poros	0,06 meter
	Lebar Runner	0,05 meter
	Jumlah Runner	5 buah
Guide Vane	Tinggi Guide Vane	0,05 meter
	Jumlah Guide Vane	30 buah
	Diameter Outlet	0,50 meter
	Diameter Inlet	0,33 meter
	Sudut Bukaannya	30 erajat

Desain Pemodelan PLTMH dengan Turbin Kaplan. Dari komponen-komponen desain yang dibuat, kemudian dilakukan perakitan sehingga dapat didesain pemodelan prototype PLTMH dengan menggunakan turbin Kaplan.



Gambar 1. Desain Pemodelan PLTMH



Gambar 2. Tahapan Penelitian dan pengujian

Tahapan pengujian debit air terhadap karakteristik turbin Kaplan diawali dengan menentukan sudut bukaan *guide vane* yaitu sebesar 30° dan juga jumlah sudu yang akan digunakan yaitu 5 buah.

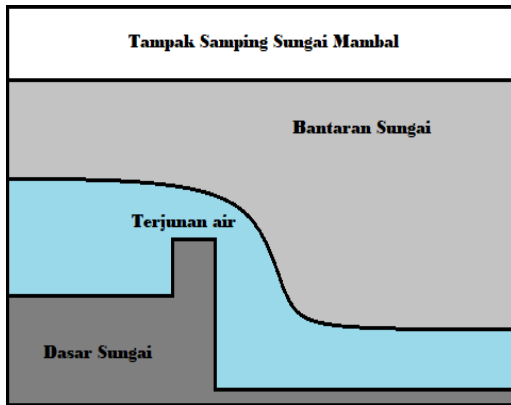
Pengujian debit air dilakukan masing-masing sudut bukaan *guide vane* dan jumlah sudu yang digunakan. Data hasil pengujian yang didapatkan berupa nilai putaran turbin, arus, tegangan, daya, putaran dan torsi pada generator. Nilai parameter yang telah didapatkan pada tahap pengujian selanjutnya dianalisis dalam bentuk grafik, arus, tegangan, dan daya, dari generator terhadap debit air aliran Sungai Mambal. Selain itu juga menganalisis efisiensi prototype PLTMH menggunakan turbin *kaplan* dari sudut bukaan *guide vane* yang digunakan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

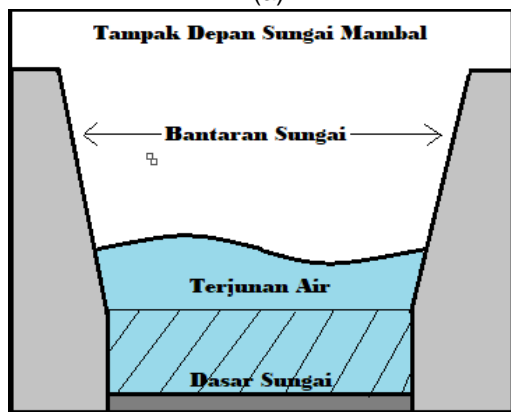
##### 4.1 Prinsip Kerja Dari PLMTH Dengan Turbin Kaplan Pada Sungai Mambal

Prinsip kerja dari *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang dibuat ini yaitu dengan aliran air dari Sungai Mambal yang mengalir melalui pipa masukan dengan ukuran 4" dialirkan menuju *guide vane* yang berfungsi untuk memecah air sehingga air menghasilkan gaya aksial/sentrifugal ke sudu runner dari atas dengan jumlah debit air tertentu. Pada generator dipasang voltmeter dan amperemeter yang berfungsi

untuk mengukur dan mengamati tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator. Pada pipa masukan dipasang alat manometer yang berfungsi mengukur tekanan air, sedangkan alat tachometer digunakan untuk mengukur putaran/rotasi dari turbin Kaplan dan generator.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. (a) Tampak samping, (b) Tampak depan, (c) Tampak aliran sungai mambal

## 4.2 Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh debit aliran air terhadap nilai output yang dihasilkan oleh prototype PLTMH.

### 4.2.1 Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume persatuan waktu. Pada perancangan perhitungan *prototype* turbin Kaplan dengan head 64cm didapatkan debit aliran sungai pada pipa masukan sebesar 15 L atau  $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$V = Q \cdot t$$

Dimana:

Q = Debit Air

v = Volume Air

t = Waktu

$$V = Q \cdot t$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V = \frac{22}{7} \cdot 5,7^2 \cdot 150$$

$$V = \frac{22}{7} \cdot 32,49 \cdot 150$$

$$V = 15316,71 \text{ cm}^3$$

$$V = 0,015 \text{ m}^3$$

$$V = 15 \text{ L}$$

Pada pengujian debit dan tekanan air dilakukan dengan cara manual yaitu mengalirkan air dari sungai mambal melalui pipa masukan dengan ukuran 4" dan keluar menuju guide vane sehingga mendapatkan berapa waktu yang di butuhkan air untuk mengalir pipa masukan tersebut, sehingga dapat menggunakan rumus perhitungan debit air yang mengalir .

Percobaan dilakukan dengan cara mengalirkan air sungai mambal melalui pipa masukan 4" dan diberikan sebuah benda berupa botol plastic sehingga kita bisa mengetahui waktu yang dibutuhkan botol itu melalui pipa masukan menuju pipa keluaran.

$$Q = \frac{v}{t}$$

Dimana:

Q = Debit Air

v = Volume Air

t = Waktu

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$Q = \frac{15}{2,50}$$

$$Q = 6 \text{ L/s}$$

Hasil rata rata pengukuran putaran turbin sebelum dan sesudah di kopel generator.

Tabel 3. Pengukuran tegangan generator sebelum dan sesudah dikopel beban

No.	Sebelum Dikopel Generator (rpm)	Rata-Rata (rpm)	Sesudah Dikopel Generator (rpm)	Rata-Rata (rpm)
1	495 rpm	556 rpm	355 rpm	353 rpm
2	625 rpm		378 rpm	
3	529 rpm		347 rpm	
4	475 rpm		359 rpm	
5	654 rpm		323 rpm	

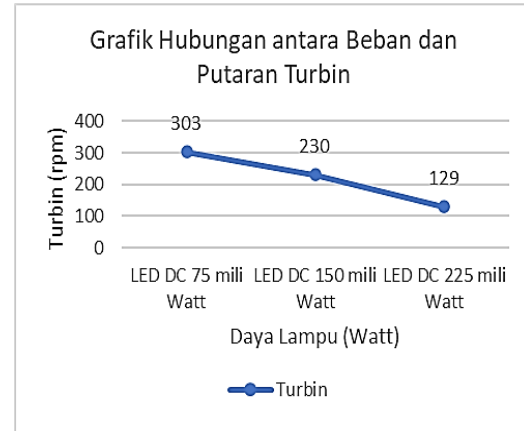
Dari pengukuran Tabel 3 didapat rata rata rpm sebelum di kopel generator sebesar 556 rpm sedangkan rata rata yang didapat setelah di kopel generator sebesar 353 rpm.

Tabel 4. Rata-Rata Hasil Pengujian Pemodelan PLTMH Dalam Keadaan Berbeban.

NO	Daya Lampu (Watt)	Putaran		Output Generator		
		Turbin (rpm)	Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
1	LED DC 75 mili Watt	303	499	5,60	0,11	0,64
2	LED DC 150 mili Watt	230	423	4,08	0,37	1,59
3	LED DC 225 mili Watt	129	333	3,08	0,61	1,93

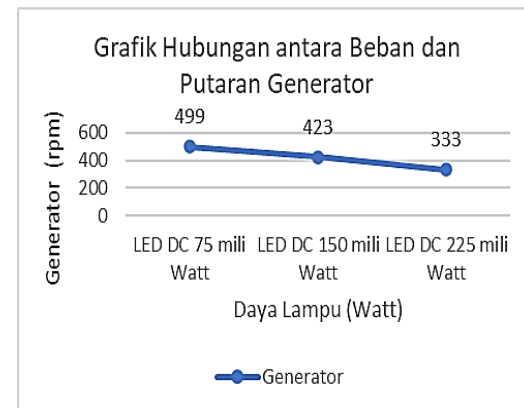
Dari Tabel 4 dapat disajikan dalam bentuk grafik garis untuk memudahkan dalam pengamatan dan pemahaman hasil uji pembebanan. Hasil uji pembebanan mempengaruhi daya mekanis dan elektris dari prototype PLTMH dengan turbin kaplan. Dimana perubahan daya mekanis meliputi

perubahan putaran turbin dan generator dan perubahan daya elektrik meliputi perubahan tegangan, arus serta daya generator yang disajikan.



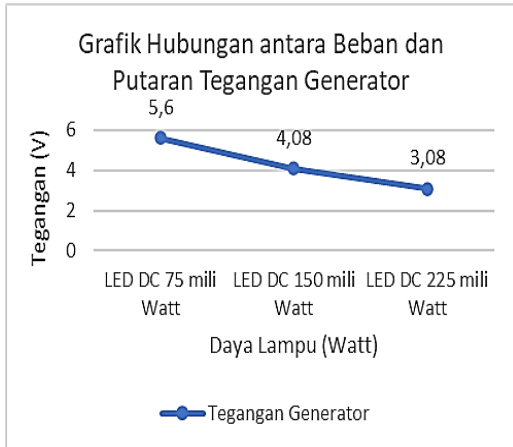
Gambar 4. Grafik hubungan antara beban dan putaran turbin

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kecepatan putaran turbin tertinggi terjadi saat pembebanan dengan LED DC 75 mili Watt yaitu sebesar 303 rpm, sementara putaran terendah yang dihasilkan oleh turbin terjadi ketika pembebanan dengan menggunakan LED DC 225 mili Watt yaitu sebesar 129 rpm. Meningkatnya pembebanan generator akan menyebabkan menurunnya kecepatan putaran yang dihasilkan oleh turbin.



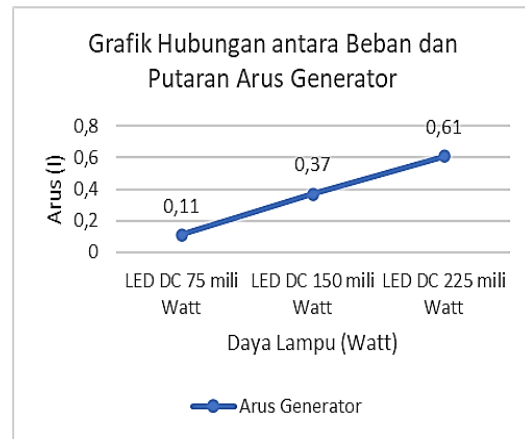
Gambar 5. Grafik hubungan antara beban dan putaran generator

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa putaran tertinggi yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan dengan menggunakan LED DC 75 mili Watt yaitu sebesar 499 rpm, sementara putaran terendah generator dihasilkan saat pembebanan dengan menggunakan LED DC 225 mili Watt yaitu sebesar 333 rpm. Meningkatnya pembebanan generator akan menyebabkan menurunnya kecepatan putaran yang dihasilkan oleh generator.



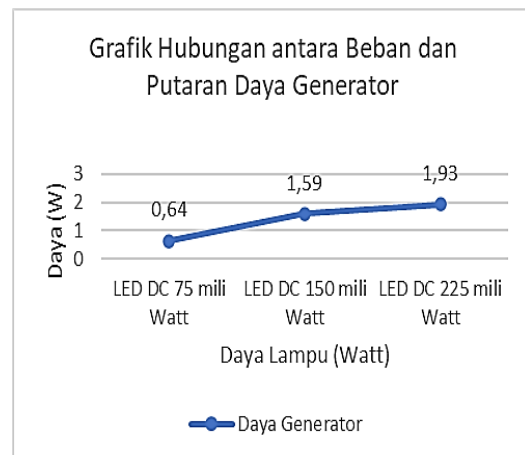
Gambar 6. Grafik hubungan antara beban dan tegangan generator

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa tegangan generator tertinggi yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan dengan menggunakan LED DC 75 mili Watt yaitu sebesar 5,60 V, sementara tegangan terendah yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan LED DC 225 mili Watt yaitu sebesar 3,08 V. Dari gambar grafik tersebut juga dapat diketahui hubungan antar pembebanan generator terhadap tegangan yang dihasilkan oleh generator akan berbanding terbalik, meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator akan menyebabkan penurunan tegangan yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 7. Grafik hubungan antara beban dan arus generator

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa arus tertinggi yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan dengan menggunakan LED DC 225 mili Watt yaitu sebesar 0,61 A, sementara arus terendah yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan menggunakan LED DC 75 mili Watt yaitu sebesar 0,11 A. Maka dari gambar grafik tersebut juga dapat diketahui hubungan antar pembebanan generator terhadap arus yang dihasilkan oleh generator akan berbanding lurus, meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator akan menyebabkan meningkatnya arus yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 8. Grafik hubungan antara beban dan daya generator

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan dengan

menggunakan LED DC 225 mili Watt yaitu sebesar 1,93 Watt, sementara daya terendah yang dihasilkan oleh generator terjadi saat pembebanan menggunakan LED DC 75 mili Watt yaitu sebesar 0,64 watt. Maka dari gambar grafik tersebut juga dapat diketahui hubungan antar pembebanan generator terhadap daya yang dihasilkan oleh generator akan berbanding lurus, meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator akan menyebabkan meningkatnya daya yang dihasilkan oleh generator.

$$T = 0,14 \text{ Nm}$$

Tabel 5. Variasi Pembebanan Lampu Hasil Perhitungan Torsi Terhadap Putaran Turbin

No	Variasi Pembebanan (Watt)	Torsi (Nm)
1	LED DC 75 mili Watt	0,02
2	LED DC 150 mili Watt	0,06
3	LED DC 225 mili Watt	0,14

#### 4.2.2 Perhitungan Torsi

Torsi merupakan besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda yang menyebabkan benda itu berotasi.

$$T = \frac{P}{2\pi n x \frac{n}{60}}$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

P = Daya (W)

n = putaran turbin (rpm)

Torsi yang dihasilkan pada saat pembebanan LED DC 75 mili Watt

$$T = \frac{P}{2\pi n x \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{0,64}{2x3,14x \frac{300}{60}}$$

$$T = 0,02 \text{ Nm}$$

Torsi yang dihasilkan pada saat pembebanan LED DC 150 mili Watt

$$T = \frac{P}{2\pi n x \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{1,59}{2x3,14x \frac{300}{60}}$$

$$T = 0,06 \text{ Nm}$$

Torsi yang dihasilkan pada saat pembebanan LED DC 225 mili Watt

$$T = \frac{P}{2\pi n x \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{1,93}{2x3,14x \frac{120}{60}}$$



Gambar 9. Grafik perubahan variasi pembebanan terhadap torsi turbin

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai terbesar torsi turbin sebesar 0,14 Nm pada saat pembebanan menggunakan LED DC 225 mili Watt, sementara nilai terkecil torsi turbin adalah sebesar 0,02 Nm pada saat pembebanan menggunakan LED DC 75 mili Watt. Mengacu pada grafik tersebut juga dapat diketahui hubungan antar pembebanan generator terhadap torsi turbin yang dihasilkan oleh generator akan berbanding lurus, meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator akan menyebabkan meningkatnya torsi yang dihasilkan oleh turbin.



### 4.2.3 Perhitungan Daya Hidrolis

Daya hidrolis adalah merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Pada pemodelan PLTMH ini daya merupakan daya input dari sistem PLTMH. Dalam pemodelan ini ketinggian head yaitu 64 cm / 0,64 m, debit aliran air didalam pipa sebesar 0,006 m<sup>3</sup>/s masa jenis air sebesar 1000 kg/m<sup>3</sup> dan gravitasi bumi sebesar 9,8 m/s<sup>2</sup>.

$$PH = \rho \times g \times Q \times H$$

Dimana :

$$PH = \text{Daya (Watt)}$$

$$P = \text{Masa jenis zat (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Gaya Gravitasi bumi (m/s}^2\text{)}$$

$$Q = \text{Debit Air (m}^3\text{/s)}$$

$$H = \text{Tinggi Head (m)}$$

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

$$PH = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,006 \cdot 0,64$$

$$PH = 37,63 \text{ Watt}$$

### 4.2.4 Perhitungan Efisiensi PLTMH

Effisiensi merupakan perbandingan daya hidrolis dengan daya generator (daya elektrik yang dihasilkan generator). Dari perhitungan effisiensi ini dapat diketahui seberapa besar daya yang mampu dihasilkan *prototype* dalam memenuhi potensi daya yang dibangkitkan.

Dimana,

$$\eta_t = \text{Efisiensi}$$

$$P_t = \text{Daya output}$$

$$P_a = \text{Daya input}$$

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Perhitungan efisiensi untuk beban LED DC 75 mili Watt

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{0,64}{37,63} \times 100\% = 1,7\%$$

Perhitungan efisiensi untuk beban LED DC 75 mili Watt

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{1,59}{37,63} \times 100\% = 4,2\%$$

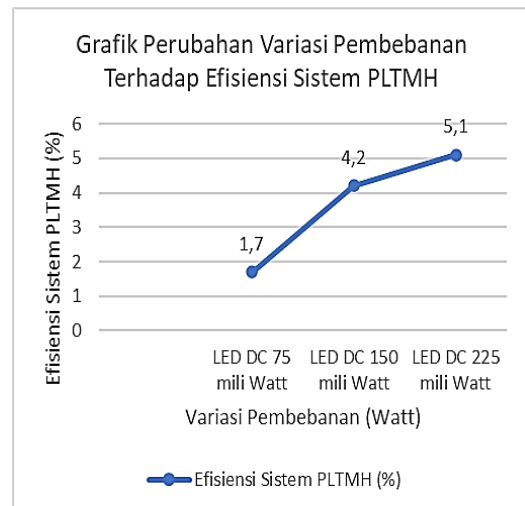
Perhitungan efisiensi untuk beban LED DC 75 mili Watt

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{1,93}{37,63} \times 100\% = 5,1\%$$

Tabel 6 Hasil Perhitungan Efisiensi Sistem PLTMH

No	Variasi Pembebanan (Watt)	Daya Input	Daya Output (Watt)	Efisiensi Sistem
1	LED DC 75 mili Watt	37,63	0,64	1,7
2	LED DC 150 mili Watt	37,63	1,59	4,2
3	LED DC 225 mili Watt	37,63	1,93	5,1



Gambar 10. Grafik perubahan variasi pembebanan terhadap efisiensi sistem PLTMH

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi turbin tertinggi mencapai nilai 5,1 % pada saat pembebanan menggunakan LED DC 225 mili Watt Sedangkan nilai efisiensi turbin terkecil mencapai nilai 1,7 % pada saat pembebanan menggunakan LED DC 75 mili Watt Mengacu pada grafik tersebut juga dapat diketahui hubungan antar pembebanan generator terhadap efisiensi sistem PLTMH akan berbanding lurus, meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator akan menyebabkan meningkatnya efisiensi sistem PLTMH.

## 5. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan adalah :

1. Potensi *prototype* PLTMH yang telah dibangun dengan menggunakan turbin Kaplan pada Sungai Mambal memiliki jumlah sudu pengarah (*guide vane*) sebanyak 30 buah dengan bukaan sudut  $30^\circ$  dimana setiap vanenya memiliki panjang 5 cm, lebar 4,5 cm dengan diameter luar sebesar 42 cm dan diameter dalam 33 cm. Rancangan *prototype* ini memiliki jumlah sudu penggerak (*runner blade*) sebanyak 5 buah dimana sudu penggerak memiliki diameter luar sebesar 16 cm, diameter leher sebesar 6 cm dan lebar runner sebesar 5cm.
2. *Prototype* ini menggunakan debit aliran air dari Sungai Mambal yang masuk melalui pipa masukan dengan ukuran 4" sebesar 6 L/s dengan dua pengujian, yaitu pengujian tanpa beban dan pengujian menggunakan variasi pembebanan. Pada pengujian tanpa beban didapatkan hasil rata-rata putaran turbin sebelum dikopel generator sebesar 556 rpm, hasil rata-rata putaran turbin setelah dikopel sebesar 353 rpm, hasil rata-rata putaran generator sebesar 481 rpm dan tegangan generator rata-rata yang dihasilkan sebesar 5,1 volt. Sedangkan pada pengujian dengan variasi pembebanan didapatkan hasil rata-rata putaran turbin terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 75 mili Watt sebesar 303 rpm, hasil putaran generator terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 75 mili Watt sebesar 499 rpm, hasil rata-rata tegangan generator terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 75 mili Watt sebesar 5,60 volt, hasil rata-rata arus generator terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 225 mili Watt sebesar 0,61 Ampere, hasil rata-rata daya generator terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 225 mili Watt sebesar 1,93 Watt, hasil torsi terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 225 mili Watt sebesar 0,14 Nm, hasil efisiensi PLTMH terbesar yaitu pada pembebanan LED DC 225 mili Watt sebesar 5,1%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ravinda Ariestya Pamungkas. 2021 Pengaruh Debit Air Terhadap Putaran Turbin dan Daya Output yang Dihasilkan Prototype PLTMH dengan Turbin Kaplan: Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [2] Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2017. Rencana Umum Energi Nasional. Jakarta: Peraturan Presiden Republik Indonesia.
- [3] Hartadi B. 2014. Perancangan Penstock, Runner Dan Spiral Casing Pada Turbin Air Kaplan Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Sampanan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru. Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan.
- [4] Putra, G.A.A. 2009. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Yogyakarta: Universitas Shanata Dharma Yogyakarta.
- [5] Purwanto, Syahrul, Adri J. 2018 Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki Dan Kaplan. Padang: Universitas Negri Padang.
- [6] Sitompul, R. 2011. Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat untuk Aplikasi Di Masyarakat Perdesaan. Jakarta: PNPM Mandiri.
- [7] Yulianto, B.D. 2017. Fisika Lingkungan. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- [8] Mockmore, C.A. 1049. *The Banki Water Turbine. Convallis: bulletin Series No.25.*
- [9] Ikrar Hanggara, Harvi Irvani. 2017 Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) Di Kecamatan Ngatang Kabupaten Malang Jawa Timur.
- [10] Suhartama, W.G. Wijaya, I W.A. Janardana, I.G.N. 2015. Analisa Daya Pembangkitan Listrik Tenaga Mikrohidro Tukad Balian, Tabanan Menggunakan Simulink. E-Jurnal SPEKTRUM 2 (2): 110-114.