

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* TURBIN KAPLAN SKALA PLTMH

Made Andi Kusumayana B¹, 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

Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

Email: kusumayanaandi9@gmail.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

PLTMH merupakan jenis pembangkit yang memanfaatkan sumber daya air untuk cara kerjanya. Pemanfaatan sumber daya air tersebut masih minim dilakukan oleh masyarakat khususnya oleh mahasiswa Teknik Elektro Universitas Udayana dikarenakan harus diimplementasikan langsung pada aliran sungai yang cukup besar sehingga sulit dalam pengkajiannya. Maka, pada penelitian ini dirancang pemodelan *prototype* PLTMH menggunakan turbin Kaplan yang berguna untuk proses pembelajaran sebelum diimplementasikan langsung di sungai. *Prototype* turbin Kaplan dirancang dengan head 2 m, pipa masukan 2 dim dan debit sebesar 12 L/s, memiliki jumlah sudu pengarah sebanyak 30 buah, dengan bukaan sudut 30°, dengan ukuran panjang sebesar 0,05 meter, lebar 0,045 meter, diameter dalam sebesar 0,33 meter dan diameter luar sebesar 0,42 meter. *Prototype* ini memiliki jumlah sudu penggerak sebanyak 5 buah sudu, dengan ukuran diameter luar sebesar 0,16 meter, diameter leher poros 0,06 meter, lebar runner 0,05 meter. Hasil dari pengujian *prototype* turbin Kaplan mampu menghasilkan daya sebesar 3,64 watt, torsi sebesar 0,231 Nm, dan efisiensi sebesar 1,54 %.

Kata kunci : Debit, *Prototype* PLTMH, Turbin Kaplan.

ABSTRACT

PLTMH is a type of generator that utilizes water resources for its workings. Utilization of water resources is still minimally carried out by the community, especially by students of Electrical Engineering at Udayana University because it must be implemented directly on a large enough river flow so that it is difficult to study. So, in this study, a prototype modeling of MHP using a Kaplan turbine was designed which is useful for the learning process before being implemented directly in the river. The Kaplan turbine prototype is designed with a head of 2 m, an input pipe of 2 dim and a discharge of 12 L/s, has a total of 30 guide blades, with an opening angle of 30°, with a length of 0.05 meters, a width of 0.045 meters, an inside diameter of 0.33 meters and an outer diameter of 0.42 meters. This prototype has a total of 5 driving blades, with an outer diameter of 0.16 meters, a shaft neck diameter of 0.06 meters, a runner width of 0.05 meters. The results of the Kaplan turbine prototype test are able to produce a power of 3.64 watts, a torque of 0.231 Nm, and an efficiency of 1.54%.

Keywords: Discharge, *PLTMH* Prototype, Kaplan Turbine.

1. PENDAHULUAN

Potensi energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air di Indonesia cukup besar mencapai 75 ribu MW, namun

saat ini pemanfaatannya melalui penyedia listrik nasional baru mencapai 10% dari total potensinya [1].

PLTMH merupakan salah satu jenis PLTA yang memanfaatkan sumber air dari aliran sungai. PLTMH memiliki berbagai jenis turbin, salah satunya turbin jenis Kaplan yang merupakan jenis turbin reaksi, dengan prinsip kerja membutuhkan debit aliran yang cukup besar dengan *head* yang kecil [2].

Saat ini proses pengkajian dalam mempelajari sistem PLTMH menggunakan turbin Kaplan masih minim dilakukan oleh Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Udayana, dikarenakan belum adanya sarana ataupun praktikum di Laboratorium Konversi energi Program Studi Teknik Elektro. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibangun prototype turbin Kaplan dengan skala PLTMH mahasiswa Teknik Elektro khususnya konsentrasi Sistem Tenaga Listrik dapat mempelajari maupun mengembangkan dari *prototype* turbin Kaplan yang telah dirancang.[1]

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PLTMH

Pembangkit Listrik tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil, yang memanfaatkan tenaga aliran air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk dalam sumber energi terbarukan dan layak dengan *clean energy* karena ramah lingkungan.[6]

Prinsip kerja PLTMH memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator akan menghasilkan listrik.

2.2 Turbin Air

Turbin air merupakan alat yang mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Energi aliran air yang mengalir memberikan tenaga pada penggerak (*runner*) dan membuatnya bergerak secara berputar.[5]

Berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, turbin air dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Turbin impuls merupakan jenis turbin dimana energi potensial aliran air

pada turbin dirubah menjadi energi kinetis sebelum air menyentuh sudu *runner* oleh alat pengubah yang biasa disebut *nozzle*.

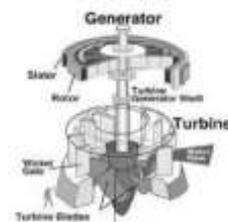
Adapun Jenis turbin impuls, yaitu : Turbin Girard, Turbin Pelton, Turbin Turgo.

- b. Turbin Reaksi merupakan jenis turbin dimana energi potensial aliran air dirubah menjadi energi kinetis pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu pengarah, dengan begitu maka putaran runner disebabkan oleh perubahan momentum air. Adapun jenis-jenis turbin reaksi, yaitu: Turbin Fourneyron, turbin Jonval, Turbin Francis, Turbin Kaplan.

2.3 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan termasuk dalam kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (*propeller*). Keistimewaan dari turbin Kaplan adalah sudut pada sudu bisa diatur untuk sesuai pada dengan kondisi aliran air saat itu yaitu perubahan debit air.[5]

Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi, yang bekerja pada kondisi head rendah dengan debit yang besar. Adapun beberapa komponen utama dari turbin Kaplan, yaitu: sudu gerak (*runner blade*), sudu pengarah (*guide vane*), rumah turbin, pipa masukan (*penstock*) dan pipa buangan (*draft tube*). Gambar turbin Kaplan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Turbin Kaplan

2.4 Perencanaan Aliran Air

- a. Head
Head merupakan tinggi jatuh air atau dari permukaan air ke dasar terdalam.

- b. Debit

$$Q = A \times v \quad [1]$$

Dimana :

A = Luas Penampang (m³)
 v = Kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang (m/detik)

c. Daya Hidrolis Air

$$WHP = \rho \times g \times Q \times H \quad [2]$$

Dimana:

WHP = Daya Hidrolis Air (watt)
 ρ = Densitas air (kg /m³)
 g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
 Q = Debit air (m/s³)
 H = Head (m)

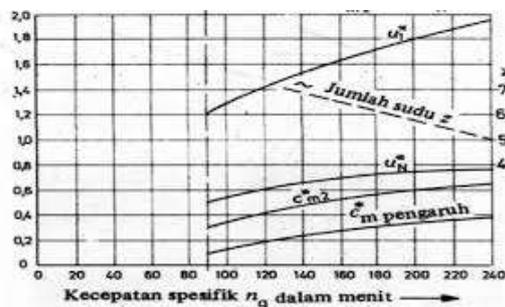
2.5 Perencanaan Desain Turbin Kaplan

a. Kecepatan spesifik berdasarkan debit aliran air (nq)[3]

$$nq = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{0,75}} \quad [3]$$

Dimana:

n = Putaran poros yang direncanakan (rpm)
 Q = Debit Air (m/s³)
 H = Head (m)



Gambar 2. Harga Untuk Menentukan Ukuran-Ukuran Utama Turbin Kaplan[3]

b. Kecepatan tangensial masuk sudu pada sisi luar sudu (u₁)[3]

$$u_1 = u^* \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad [4]$$

Dimana :

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
 H = Head (m)

c. Kecepatan tangensial masuk sudu pada leher poros (u_N)[3]

$$u_N = u^* \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad [5]$$

Dimana :

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
 H = Head (m)

d. Diameter Luar Runner (D₁)[3]

$$D_1 = \frac{60 \times u_1}{\pi \times n} \quad [6]$$

Dimana :

u₁ =Kecepatan tangensial masuk sudu pada sisi luar sudu
 n =Putaran poros yang direncanakan (rpm)

e. Diameter Leher Poros (D_N)[3]

$$D_N = \frac{60 \times u_N}{\pi \times n} \quad [7]$$

Dimana :

u_N =Kecepatan tangensial masuk sudu pada leher poros
 n =Putaran poros yang direncanakan (rpm)

f. Lebar Runner (B_x)[3]

$$B_x = \frac{D_1}{2} - \frac{D_N}{2} \quad [8]$$

Dimana:

D₁ = Diameter luar runner
 D_N = Diameter leher poros

g. Tinggi Guide Vane (b)

$$b = \text{diameter pipa}$$

h. Jumlah Guide Vane (Z_{GV})

$$Z_{GV} = \left(\frac{1}{4} \sqrt{1000 D_1} + 4 \right) \quad [9]$$

Dimana:

D₁ = Diameter luar runner (m)

i. Diameter inlet Guide Vane (F₁)

$$F_1 = \left(1,45 + \frac{72,17}{nq} \right) D_1 \quad [10]$$

Dimana:

D₁ = Diameter luar runner (m)
 nq = Putaran spesifik (rpm)

j. Diameter outlet Guide vane (G₁)

$$G_1 = \left(1,29 + \frac{41,63}{nq} \right) D_1 \quad [11]$$

D₁ = Diameter luar runner (m)

nq = Putaran spesifik (rpm)

2.6 Perencanaan Perhitungan Torsi dan Effisiensi Turbin Kaplan

a. Torsi Turbin[4]

$$T = \frac{P}{2\pi n x \frac{\pi}{60}} \quad [12]$$

Dimana:

- T = Torsi (Nm)
- P = Daya Turbin (kW)
- n = Kecepatan putaran (rpm)
- b. Effisiensi Sistem PLTMH[4]

$$\eta_{PLTMH} = \frac{P_G}{P_H} \cdot 100\% \quad [13]$$

Dimana:

- P_G = Daya Generator
- P_H = Daya Hidrolis

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada perancangan prototype turbin Kaplan ini dilakukan perhitungan berdasarkan rumus dari jurnal-jurnal terkait dengan parameter yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Parameter yang ditetapkan, adapun sebagai berikut :

Debit air (Q) = 0,012 m³/s

Head (H) = 2 m

Gravitasi (g) = 9,81 m/s²

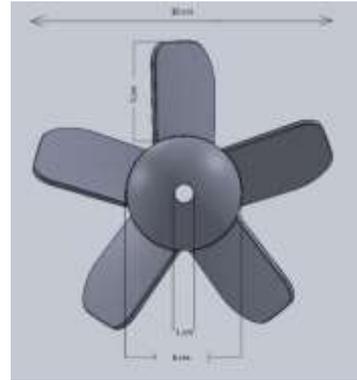
Putaran (rpm) = 750 rpm

Pipa = 2 dim

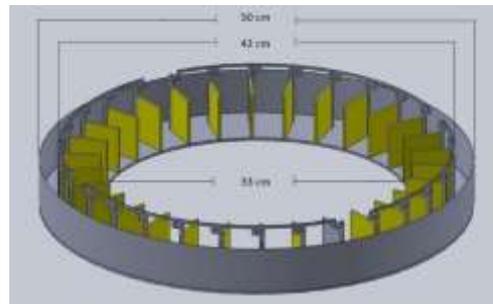
Adapun hasil perhitungan perancangan *prototype* turbin Kaplan dapat dilihat pada tabel 1.

No	Parameter	Nilai
1	Volume Box	220 Liter
2	Head	2 m
3	Debit	0,012 m ³ /s
4	Pipa	2 dim
5	Diameter luar <i>runner</i>	0,16 m
6	Diameter leher poros	0,06 m
7	Lebar <i>runner</i>	0,05 m
8	Tinggi <i>guide vane</i>	0,05 m
9	Jumlah <i>guide vane</i>	30 buah
10	Diameter dalam <i>guide vane</i>	0,5 m
11	Diameter luar <i>guide vane</i>	0,33 m

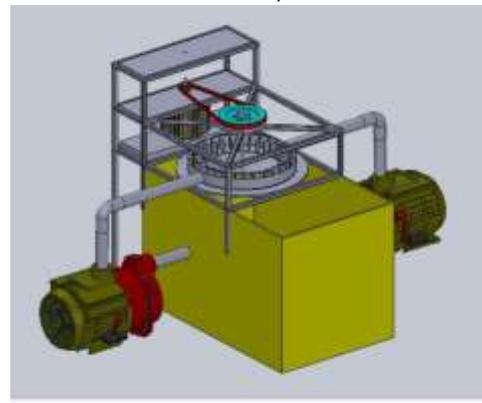
Adapun gambar desain dari *runner blade*, *guide vane* dan *prototype* keseluruhan yang telah dibuat dalam bentuk tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 5.



Gambar 3. Desain Sudu Penggerak (Runner Blade)

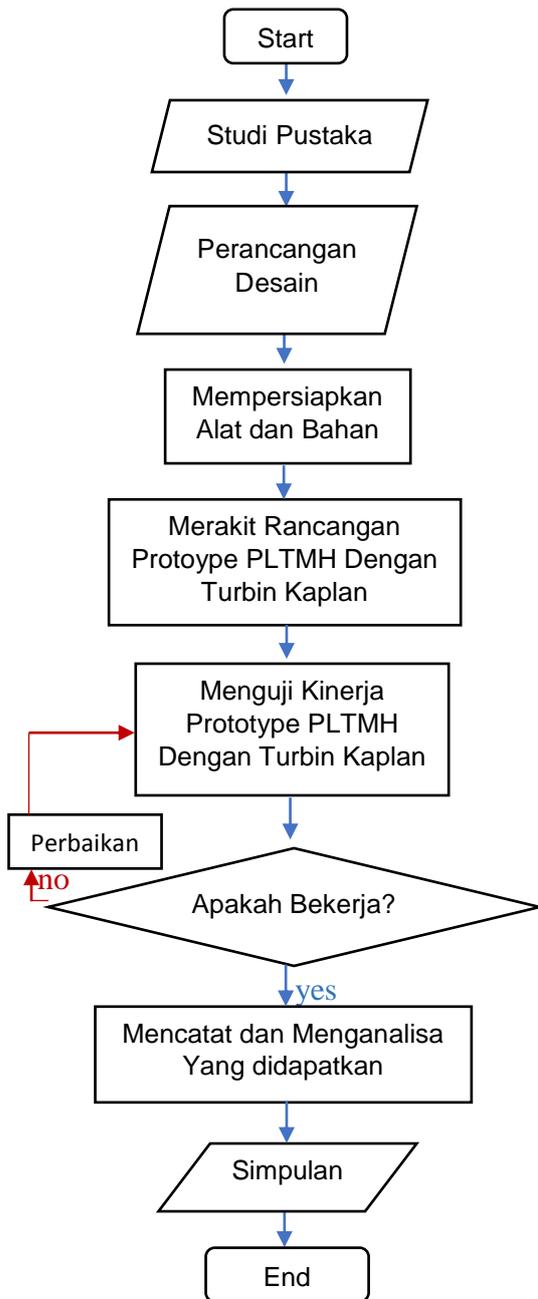


Gambar 4. Desain Sudu Pengarah (Guide Vane)



Gambar 5. Desain PLTMH

Adapun langkah-langkah penelitian secara sistematis dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 6.

Langkah 1. Studi Pustaka

Penelitian diawali dengan mencari jurnal-jurnal dan artikel-artikel yang terkait dengan penelitian.

Langkah 2. Perancangan Desain *Prototype*

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan *prototype* turbin Kaplan dengan menentukan ukuran-ukuran dari setiap *prototype* melalui rumus dari artikel dan jurnal yang terkait. Menggambar

desain *prototype* dilakukan dalam bentuk 3d maupun 2d.

Langkah 3. Mempersiapkan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan untuk menentukan seluruh alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses perakitan *prototype* PLTMH turbin Kaplan.

Langkah 4. Merakit Rancangan *Prototype* PLTMH dengan turbin Kaplan

Setelah ditentukan alat dan bahan yang dibutuhkan, kemudian dirakit alat dan bahan tersebut agar menjadi satu kesatuan *prototype* PLTMH dengan turbin Kaplan. Adapun jenis perakitannya, yaitu : Merakit pompa dan generator pada rangka, merakit instalasi pipa pada rangka, merakit *pulley* turbin dan generator.

Langkah 5. Menguji Kinerja *Prototype* PLTMH dengan Turbin Kaplan

Setelah dilakukan perakitan, maka *prototype* turbin kaplan akan diuji kinerjanya. Adapun pengujian yang dilakukan, yaitu: Menguji keberhasilan alat yang dirancang, menguji debit keluaran air pada *prototype* yang dirancang, menguji putaran turbin dan generator, menguji daya listrik yang dihasilkan.

Langkah 6. Mencatat dan Menganalisa

Setelah *prototype* telah berhasil diuji maka dilakukan pencatatan data yang kemudian data tersebut dianalisa. Adapun pencatatan yang dilakukan, yaitu: Mencatat data putaran turbin dan generator, mencatat keluaran daya listrik, menyusun data hasil pengukuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi *Prototype* PLTMH dengan Turbin Kaplan

Adapun realisasi *prototype* PLTMH dengan turbin Kaplan dapat dilihat pada gambar 7,8 dan 9.



Gambar 7. Realisasi Sudu Penggerak (Runner Blade)



Gambar 9. Realisasi Prototype PLTMH



Gambar 8. Realisasi Sudu Pengarah (Guide Vane)

4.2 Pengujian Parameter Prototype PLTMH dengan Turbin Kaplan

Pada penelitian ini dilakukan dua buah pengujian, yaitu : Pengujian tanpa beban dan pengujian dengan variasi pembebanan. Adapun pengukuran pada proses pengujian, yaitu : Putaran turbin, putaran generator, tegangan generator, arus, daya output yang dihasilkan, torsi dan efisiensi. Dari pengujian penelitian tersebut didapatkan pengukuran parameter yang telah diuji, dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Prototype PLTMH dalam Keadaan Tanpa Beban

No	Daya Lampu (Watt)	Putaran (rpm)			Tegangan Generator(V)
		Turbin		Generator	
		Sebelum dikopel	Setelah dikopel		
1.	0	216	168	865	12.17

Tabel 3 Hasil Pengujian Prototype PLTMH dengan Variasi Pembebanan

No	Daya Lampu (Watt)	Putaran		Output Generator		
		Turbin (rpm)	Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
1.	5	160	811	9.69	0.25	2.46
2.	10	156	796	9.29	0.28	2.61
3.	20	154	780	8.91	0.32	2.88
4.	25	152	766	8.82	0.35	3.09

5.	30	150	747	8.79	0.41	3.64
----	----	-----	-----	------	------	------

4.3 Hubungan Antara Beban Lampu dengan Putaran Turbin

Pada tabel 3 dapat dilihat perubahan putaran turbin terhadap beban lampu. Adapun bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Beban Lampu Terhadap Putaran turbin

Berdasarkan gambar 10 dapat dilihat bahwa meningkatnya pembebanan generator akan menyebabkan menurunnya kecepatan putaran yang dihasilkan oleh turbin. Hal ini diakibatkan dari timbulnya reaksi jangkar ketika generator terhubung beban. Semakin besar daya beban yang diberikan maka semakin besar pula reaksi jangkar yang ditimbulkan oleh generator.

4.4 Hubungan Antara Beban Lampu dengan Putaran Generator

Pada tabel 3 dapat dilihat perubahan beban lampu terhadap putaran generator. Adapun bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Beban Lampu Terhadap Putaran Generator

Berdasarkan gambar 11 dapat dilihat bahwa meningkatnya pembebanan generator akan menyebabkan menurunnya kecepatan putaran pada generator. Hal ini disebabkan karena timbulnya reaksi jangkar ketika generator dibebani. Reaksi jangkar menyebabkan torsi pada generator

bertambah yang secara langsung mempengaruhi kecepatan putaran generator.

4.6 Hubungan Antara Beban Lampu dengan Tegangan Generator

Dari tabel 3 dapat dilihat perubahan pembebanan terhadap tegangan generator. Adapun bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Beban Lampu Terhadap Tegangan Generator

Berdasarkan gambar 12 dapat dilihat bahwa hubungan antara pembebanan terhadap tegangan generator akan berbanding terbalik, yang mana meningkatnya pembebanan yang diberikan akan menyebabkan penurunan tegangan. Hal ini disebabkan karena munculnya reaksi jangkar yang menyebabkan drop pada tegangan terminal generator, selain itu nilai tegangan yang dihasilkan bergantung pada kecepatan putaran generator.

4.7 Hubungan Antara Beban Lampu dengan Arus Generator

Dari tabel 3 dapat dilihat perubahan pembebanan terhadap arus generator. Adapun bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Beban Lampu Terhadap Arus Generator

Berdasarkan gambar 13 dapat dilihat bahwa hubungan antara pembebanan terhadap arus akan berbanding lurus, yang mana meningkatnya pembebanan yang diberikan pada generator maka akan menyebabkan peningkatannya arus yang dihasilkan. Hal ini disebabkan ketika tegangan generator menurun maka arus beban akan meningkat. Arus dipengaruhi oleh besar dan pembebanan dan juga torsi yang muncul akibat reaksi jangkar ketika generator terhubung beban.

4.8 Hubungan Antara Beban Lampu dengan Daya Generator

Dari tabel 3 dapat dilihat perubahan pembebanan terhadap daya generator. Adapun bentuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik Hubungan Antara Beban Lampu Terhadap Daya Generator

Berdasarkan gambar 14 dapat dilihat hubungan antara pembebanan generator terhadap daya yang dihasilkan akan berbanding lurus, yang mana meningkatnya pembebanan yang diberikan akan menyebabkan peningkatan pada daya yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh bertambahnya torsi pada generator yang timbul diakibatkan reaksi jangkar pada generator dan juga dipengaruhi oleh arus beban yang meningkat.

4.9 Hubungan Beban Lampu dengan Torsi



Gambar 15. Grafik Hubungan Beban Lampu Terhadap Torsi Turbin

Berdasarkan gambar 15 dapat dilihat bahwa hubungan antara pembebanan terhadap torsi berbanding lurus, yang mana meningkatnya pembebanan maka akan mengakibatkan peningkatan pada torsi. Hal ini disebabkan oleh munculnya reaksi jangkar pada generator dan besar torsi turbin dipengaruhi oleh besar torsi yang dihasilkan generator.

4.10 Hubungan Beban Lampu dengan Efisiensi PLTMH



Gambar 16. Grafik Hubungan Beban Lampu Terhadap Efisiensi PLTMH

Berdasarkan gambar 16 dapat dilihat bahwa hubungan antara pembebanan terhadap efisiensi PLTMH akan berbanding lurus, yang mana meningkatnya pembebanan maka akan menyebabkan peningkatan efisiensi. Hal ini dikarenakan efisiensi PLTMH dipengaruhi oleh besarnya daya output yang dihasilkan generator. Semakin besar daya output yang dihasilkan maka semakin besar pula efisiensi PLTMH.

5 KESIMPULAN

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

1. Rancangan *prototype* PLTMH yang telah dibangun dengan menggunakan turbin kaplan memiliki rancangan input yaitu pipa 2 dim, *head* sebesar 2 m dan debit air (Q) sebesar 12 L/s. Memiliki rancangan output, yaitu jumlah sudu pengarah (*guide vane*) sebanyak 30 buah dengan bukaan sudut 30° dimana setiap vananya 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 5 cm.
2. Hasil pada pengujian tanpa beban didapatkan hasil rata-rata putaran turbin sebelum dikopel generator sebesar 216 rpm, hasil rata-rata putaran turbin setelah dikopel sebesar 168 rpm, hasil rata-rata putaran generator sebesar 865 rpm dan tegangan generator rata-rata yang dihasilkan sebesar 12,17 volt. Sedangkan pada hasil pengujian dengan variasi pembebanan didapatkan hasil rata-rata putaran turbin terbesar yaitu pada pembebanan 5 Watt sebesar 160 rpm, hasil putaran generator terbesar yaitu pada pembebanan 5 watt sebesar 811 rpm, hasil rata-rata tegangan generator terbesar yaitu pada pembebanan 5 watt sebesar 9,69 volt, hasil rata-rata arus generator terbesar yaitu pada pembebanan 30 watt sebesar 0,41 A, hasil rata-rata daya generator terbesar yaitu pada pembebanan 30 watt sebesar 3,64 watt, hasil torsi terbesar yaitu pada pembebanan 30 watt sebesar 0,231 Nm, hasil efisiensi PLTMH terbesar yaitu pada pembebanan 30 watt sebesar 1,54 %.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahri, A. , Jasa, L. , Prapto, Y. 2017. Merancang dan Mengimplemesntasi Modul Pratikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Universitas Udayana. *Jurnal Teknologi Elektro* 16(2)
- [2] Hartadi, B. 2014. Perancangan *Penstock, Runner, dan Spiral Casing* Pada Turbin Kaplan Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Sampanahan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru. Banjarmasin : Universitas Islam Kalimantan
- [3] Kusnadi, Mulyono, A. , Pakki, G., Gunarko. 2018. Rancang Bangun dan Uji Reformansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikrohidro. *Jurnal Teknik Mesin* 7(2) 2018
- [4] Mahayana, I G.P.A. Jasa, L. Janardana, I G.N. 2020. Rancang Bangun *Prototype PLTMH dengan Turbin Pelton Sebagai Modul Praktikum*. *Jurnal SPEKTRUM* 7(4) : 2020
- [5] Saputra, R. , Licichan, T. 2018. Perancangan Ulang Turbin Kaplan Poros Vertikal di PLTM Plumbungan. *Jurnal Bina Teknika* 14(2) : 153-161
- [6] Syarief, A. ,Isworo, H. 2015. Simulasi Turbin Air Kaplan Pada PLTMH di Sungai Sampanahan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*.