

KARAKTERISTIK KINERJA PROTOTIPE TURBIN SNAIL-LIE PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO

I B GD Siwa Puja Bujawan¹, Lie Jasa², IWA Wijaya³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : siwapuja94@gmail.com¹, liejasa@unud.ac.id², artawijaya@ee.unud.ac.id³

Abstrak

Penggunaan energi listrik semakin besar seiring bertambahnya pertumbuhan jumlah penduduk dan berbagai fasilitas yang bergantung pada energi listrik. Namun ketersediaan energi listrik dari PLN belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan potensi sumber-sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang banyak dimiliki oleh Negara kita Indonesia salah satunya adalah aliran sungai dan saluran irigasi. Untuk solusi tersebut maka dibuatkan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energinya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik kinerja prototipe turbin *Snail-Lie* pada PLTMH. Metode penelitian yang digunakan adalah pertama mencari data-data dengan cara mempelajari literatur-literatur yang perhubungan dengan PLTMH dan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang telah ada, kedua mengumpulkan data dengan cara melakukan pengamatan serta pengujian secara langsung terhadap parameter-parameter pada prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik protipe turbin *Snail-Lie* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yaitu dengan mengukur parameter – parameter yang berdasarkan sudut posisi *nozzle* dan lengan *nozzle* seperti kecepatan putar turbin, kecepatan putar generator yang dihasilkan turbin, arus dan tegangan yang dihasilkan kemudian menghitung daya dari turbin yang memiliki kecepatan putar tertinggi. Simpulan yang dapat ditarik dari hasil pengukuran parameter-parameter yang didapat bahwa turbin jenis *Snail-Lie* semakin besar sudut lengan *nozzle* maka semakin cepat kecepatan putaran pada turbin dan generator. Semakin cepat kecepatan pada turbin makasemakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan. Semakin cepat kecepatan putaran pada turbin maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

Kata kunci : Turbin *Snail-Lie*, Sudut Posisi *Nozzle*, Sudut Lengan *Nozzle*, Arus, Tegangan, Torsi.

Abstract

The use of electrical energy is getting bigger along with the increasing population growth and various facilities that depend on electrical energy. However, the availability of electricity from PLN is not sufficient to meet the needs of the Indonesian people. Therefore, it is necessary to conduct research on the utilization of potential renewable energy sources which are widely owned by our country, Indonesia, one of which is river flow and irrigation canals. For this solution, a PLTMH (Micro Hydro Power Plant) is made, a small-scale power plant that uses hydropower as its energy source. The purpose of this study was to determine the performance characteristics of the prototype Snail-Lie turbine at MHP. The research method used is first to look for data by studying literature related to MHP and existing Micro Hydro Power Plant prototypes, secondly collecting data by observing and directly testing the parameters on the prototype of the Power Plant. Micro Hydro Power. This research was conducted to determine the characteristics of the Snail-Lie turbine prototype at a Micro Hydro Power Plant, namely by measuring parameters based on the angle of the nozzle and nozzle arms such as the turbine rotational speed, the rotational speed of the generator produced by the turbine, the resulting current and voltage then calculating the power from the turbine which has the highest rotating speed. The conclusion that can be drawn from the results of the measurement of the parameters is that the Snail-Lie type turbine the larger the nozzle arm angle, the faster the rotation speed of the turbine and generator. The faster the speed of the turbine, the greater the current and voltage generated. The faster the rotation speed of the turbine, the greater the torque produced.

Keywords: *Snail-Lie Turbine, Nozzle Position Angle, Nozzle Arm Angle, Current, Voltage, Torque.*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik semakin besar seiring bertambahnya pertumbuhan jumlah penduduk dan berbagai fasilitas yang bergantung pada energi listrik. Namun ketersediaan energi listrik dari PLN belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan potensi sumber-sumber energi terbarukan (*renewable energy*) salah satunya adalah aliran sungai dan saluran irigasi. Untuk solusi tersebut maka dibuatkan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energinya. Tenaga pada penggerak turbin PLTMH berupa aliran air yang berasal dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Beberapa keuntungan yang terdapat pada PLTMH di antaranya adalah biaya cukup murah, memiliki konstruksi yang sederhana, tidak menimbulkan pencemaran, dan dapat di padukan dengan program lainnya seperti irigasi.

Bali memiliki empat waduk alami berupa danau yaitu Danau Beratan, Danau Buyan, Danau Tamblingan, dan Danau Batur. Mata air juga tersebar di seluruh pulau. Air mengalir ke laut melalui sungai, anak sungai dan air terjun. Terdapat 162 sungai dan 1.274 mata air yang tersebar di Bali. Air digunakan secara tradisional untuk irigasi sawah. Teras sawah sejak zaman dulu telah digunakan untuk mengontrol distribusi air ke petani melalui sistem pengaturan air subak. Bendungan juga telah di bangun dalam waktu terakhir dan saat ini ada tiga bendungan untuk mengontrol pasokan air untuk irigasi pertanian. Itu fakta bahwa lanskap Bali kaya dengan bukit dan lembah yang berpotensi tinggi untuk memanfaatkan aliran air sebagai sumber energi mekanik untuk menggerakkan generator listrik [1].

Bali memiliki PLTMH yang sudah beroperasi yaitu PLTMH Susuan dan PLTMH Jatiluwih. PLTMH Susuan di kembangkan oleh Kementrian ESDM di tahun 2008 dan kemudian diberikan kepada koperasi lokal yang disebut Koperasi Karangasem [2]. PLTMH Jatiluwih terletak di kabupaten Tabanan yang memiliki empat *site* yaitu site 2-1 merupakan tipe PLTMH

Run Off River menggunakan turbin *Archimedes* dan site 2-3 tipe PLTMH *Run Off River* menggunakan turbin *open water* dengan kapasistas kedua pembangkit adalah 1,5 kW, PLTMH *Site 7* dengan tipe *Run Off River* menggunakan turbin *open water* dengan kapasitas pembangkit 500 watt, dan PLTMH *Site 5* menggunakan *penstock* dengan kapasitas pembangkit 7,5 kW [3].

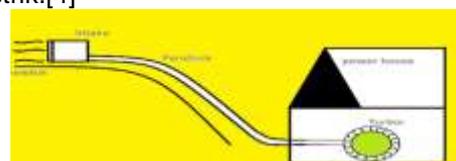
Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pemodelan sederhana atau gambaran dasar dari proses pembangkitan sumber energi PLTMH. Parameter desain yang berpengaruh terhadap turbin pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH) adalah jumlah sudu, bentuk sudu, diameter turbin, kecepatan putar turbin, lebar turbin, sudut *nozzle* dan posisi *nozzle*. Pada penelitian ini penulis ingin menemukan parameter desain yang optimal dengan melakukan analisis pengaruh dari perubahan posisi *nozzle*, variasi sudut *nozzle* untuk mengetahui kinerja turbin terhadap energi yang dihasilkan menggunakan model turbin yaitu turbin *Snail-Lie*. Dengan mengukur energi yang dihasilkan sehingga mendapatkan hasil yang paling optimal dalam menghasilkan sumber energi.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air [4].

Prinsip dasar mikro hidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian jatuh (*Head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.[4]



Gambar 1. PLTMH

2.2 Desain Turbin Snail-Lie

Prototipe turbin *Snail-Lie* terbuat dari bahan akrilik yang menggunakan jenis sudu segitiga dengan jumlah 16 sudu. Prototipe turbin *Snail-Lie* terdapat *snail* yaitu seperti ruang yang berada pada sisi lingkaran dalam pada dasar dari posisi sudu. *Snail* atau ruang ini bertujuan agar air dapat masuk melalui sudu dan diharapkan air yang masuk akan terjebak di ruang turbin *Snail-Lie*, volume air yang terjebak tersebut akan meningkatkan torsi akibat turbin berputar secara terus menerus.

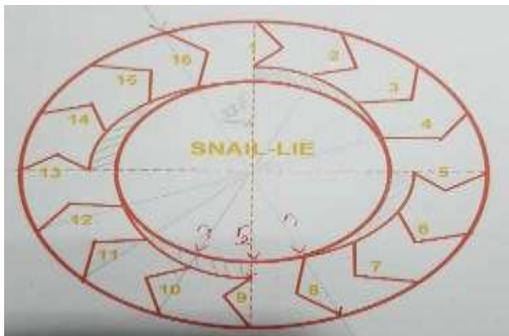


Gambar 2. Prototipe Turbin *Snail-Lie*

Prototipe turbin *Snail-Lie* yang di dibuat dan digunakan sebagai *actuator* atau penggerak dari generator untuk menghasilkan energi listrik. Fungsi dari pembuatan *snail* pada turbin, digunakan sebagai wadah untuk volume air yang terjebak agar dapat memberikan dorongan yang lebih besar sehingga kecepatan turbin akan semakin cepat. Adapun spesifikasi dari prototipe turbin *Snail-Lie*.

1. Diameter Turbin : 25 cm
2. Diameter dalam Turbin : 17 cm
3. Jumlah Sudu : 16 buah
4. Jumlah *Snail*(ruang) : 4 buah
5. Material : Akrilik

2.3 Snail Pada Prototipe Turbin Snail-Lie



Gambar 3. *Snail* Protipe Turbin *Snail-Lie*

Prototipe turbin *Snail-Lie* terdapat celah-celah yang disebut dengan *snail* (ekor) dengan tujuan agar air yang masuk

melalui sudu akan terjebak di dalam *snail* atau ruang prototipe turbin *Snail-Lie* ini. Air yang terjebak akan meningkatkan torsi akibat turbin yang berputar secara terus menerus. Adapun rumus dari prototipe turbin *Snail-Lie*.

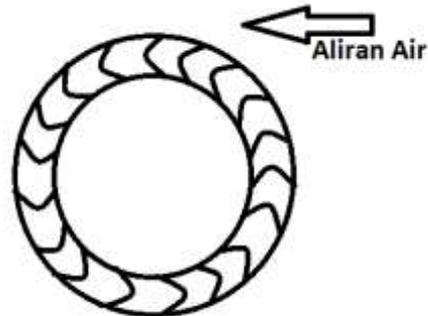
2.4 Kincir Air

Kincir air berarti kincir dengan media kerja air. Pada kincir air, air berpotensi pada tekanan atmosfer dan air mengalir melalui sudu-sudu yang mengakibatkan kincir air berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut [5].

Ada tiga tipe kincir air dari bagaimana air tersebut dimanfaatkan, antara lain:

2.4.1 Overshot Wheel

Kincir air dimana posisi disalurkan air ke roda bagian atas kincir. Pada kincir air model ini, ketinggian air (H) harus lebih besar dari diameter roda. Kincir air jenis ini, perbedaan ketinggiannya antara 2,5 - 10 m dan debit air (Q) antara 0,1 - 0,2 m³/s per m lebar[6].



Gambar 4. *Overshot Wheel*

2.4.2 Breast Wheel

Kincir air *Breast Wheel* dimana posisi disalurkan air ke roda sejajar dengan poros kincir (*breast*). Pada kincir air model ini, perbedaan ketinggiannya antara 1,5 - 4 m dan debit air (Q) antara 0,35 - 0,65 m³/s per m lebar.



Gambar 5. *Breast Wheel*

2.4.3 Undershot wheel

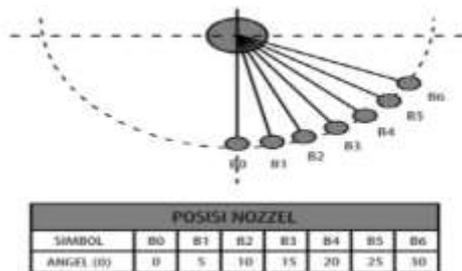
Kincir air dimana posisi disalurkan air ke dalam roda pada bagian bawah dari kincir, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Beda ketinggian permukaan air pada kincir jenis ini rendah. Pada kincir air jenis ini, perbedaan ketinggian air antara 0,5 - 2,5 m dan debit air (Q) antara 0,5 - 0,95 m³/s per m lebar.



Gambar 6. Undershot Wheel

2.5 Arah Sudut Nozzle

Panjang dari lengan *nozzle* harus lebih besar dari jari-jari roda sehingga *nozzle* selalu berada diluar dari lingkungan roda. Sudut α adalah sudut yang terbentuk antara lengan *nozzle* dengan *nozzle*. Besarnya α dibuat antara 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, dan 30°, bertujuan untuk membandingkan besaran rpm yang dihasilkan pada setiap sudut *nozzle*. Pada sudut 350 dan 400 air sudah tidak mengenai sudu turbin. Range sudut $\alpha < 90^\circ$, dengan arah ditunjukkan pada sudu [7].



Gambar 7. Arah Sudut Nozzle [8]

3. METODE PENELITIAN

Turbin yang digunakan yaitu turbin *Snail-Lie* dengan daya output nominalnya 0,019 watt dan generator memiliki daya output 6 watt. Turbin *Snail-Lie* terbuat dari bahan akrilik memiliki diameter luar 25 cm,

diameter dalam, 17 cm, jumlah sudu 16 buah, ketebalan 25 cm.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin *Snail-Lie*

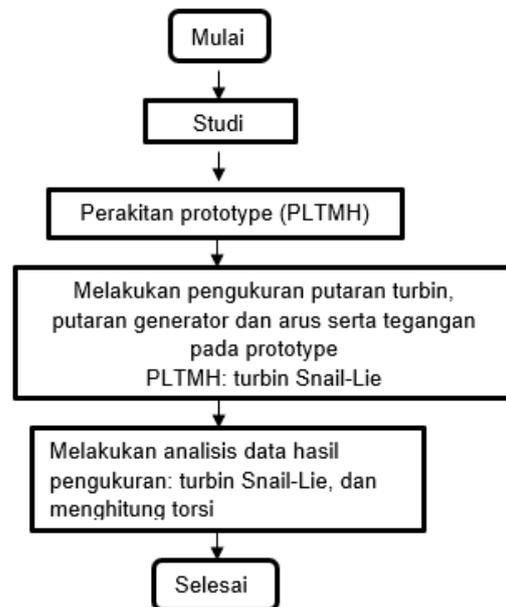
Diameter Turbin	25 cm
Diameter Dalam Turbin	17 cm
Daya Output	0,029 Watt
Jumlah Sudu	16 buah
Jumlah Snail	4 buah
Material	Akrilik

Spesifikasi dari generator memiliki tegangan maksimal 12 volt dan daya maksimal yang dihasilkan 6 watt.

Tabel 2. Spesifikasi Generator

Jenis Generator	Generator DC
Tegangan	12 volt
Daya Output	6 Watt

Metodologi dalam penelitian ini disusun secara urut dan terstruktur dari beberapa tahapan proses penelitian yang dilakukan. Pada bagian ini diuraikan prosedur untuk menyelesaikan penelitian ini. Urutan langkah diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur Penelitian

Pada proses perakitan pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Merakit kincir dan pompa dengan kerangkanya sehingga menjadi satu bagian.

2. Merakit instalasi perpipaan pada pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang berfungsi untuk mengalirkan air menuju turbin dan mengukur tekanan air pada pipa.
3. Memasang generator yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan dan arus.
4. Merakit *pulley* kincir dan *pulley* generator agar dapat mengukur dan mencatat putaran pada kincir dan generator.

Setelah melakukan proses perakitan, maka dapat dilakukan uji coba dan pengambilan data pada analisis karakteristik kinerja turbin *Snail-Lie* yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pengambilan data yang pertama yaitu dengan melakukan perubahan pada posisi *nozzle* dan sudut *nozzle* selanjutnya mengukur kecepatan rpm dari turbin *Snail-Lie* sehingga didapatkan karakteristik turbin turbin *Snail-Lie*.
2. Setelah mendapatkan nilai kecepatan rpm dari turbin *Snail-Lie* yang sudah diukur, maka dapat dilakukan perhitungan torsi pada turbin *Snail-Lie*.
3. Melakukan pengukuran tegangan dan arus keluaran dari generator pada turbin *Snail-Lie* yang memiliki kecepatan putaran generator tercepat.

Analisis data hasil pengukuran untuk mendapatkan parameter – parameter turbin yang optimal dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan maka didapatkan karakteristik kinerja dari turbin *Snail-Lie*, sehingga mendapatkan kecepatan rpm yang optimal.
2. Setelah mendapatkan nilai rpm yang optimal dari turbin *Snail-Lie* maka didapatkan hasil perhitungan torsi dari turbin *Snail-Lie* untuk mengetahui putaran jenis turbin.

Setelah mendapatkan semua data hasil pengukuran yang dilakukan secara maksimal, maka dapat diketahui hasil yang optimal dari jenis turbin *Snail-Lie* yaitu :

1. Mendapatkan karakteristik perubahan posisi *nozzle* dan sudut

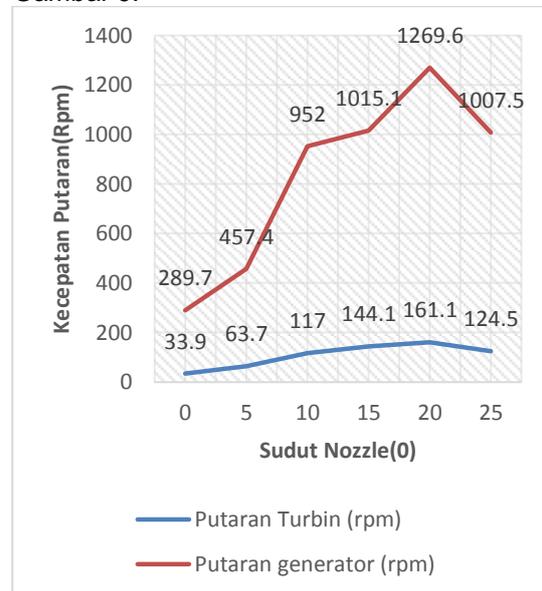
nozzle terhadap kecepatan rpm dari turbin *Snail-Lie* yang diukur.

2. Mengetahui hasil perhitungan dari besar torsi pada jenis turbin *Snail-Lie* yang digunakan dalam penelitian.
3. Mengetahui besar tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh generator pada jenis turbin *Snail-Lie*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Kecepatan putaran Turbin dan Generator Turbin *Snail-Lie* Posisi *Nozzle* 0°

Grafik Kecepatan turbin dan generator turbin *Snail-Lie* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kecepatan Turbin dan Generator Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut *Nozzle* pada Posisi *Nozzle* 0°

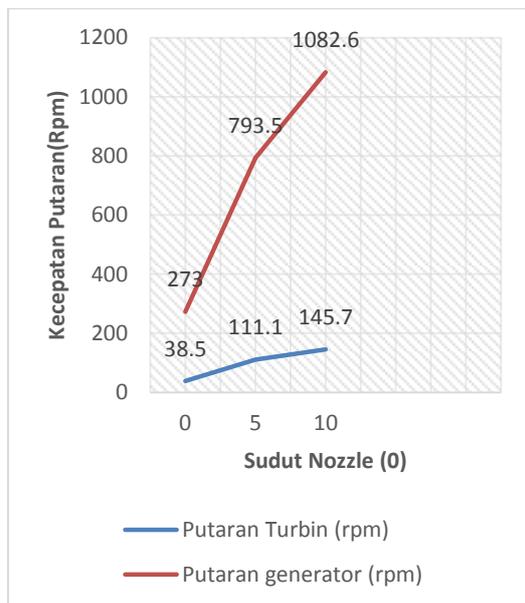
Grafik berwarna biru menunjukkan putaran turbin pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 20°. Sudut optimal tersebut putaran turbin *Snail-Lie* sebesar 161,1 rpm. Pada sudut 25° mengalami penurunan kecepatan putaran turbin yaitu 124,5. Hal ini disebabkan karena titik jatuh air tidak berada tepat di daerah aktif berputarnya turbin.

Grafik berwarna merah menunjukkan putaran generator pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 20°. Sudut optimal tersebut putaran rata-rata generator turbin *Snail-Lie*

sebesar 1269,6 rpm. Pada sudut 25⁰ mengalami penurunan kecepatan putaran generator yaitu 1007,5. Hal ini disebabkan karena titik jatuh air tidak berada tepat di daerah aktif berputarnya turbin sehingga kecepatan putaran generator juga melambat.

4.2 Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin dan Generator Turbin Snail-Lie Posisi Nozzle 15⁰

Grafik Kecepatan turbin dan generator turbin *Snail-Lie* dapat dilihat pada Gambar 10.



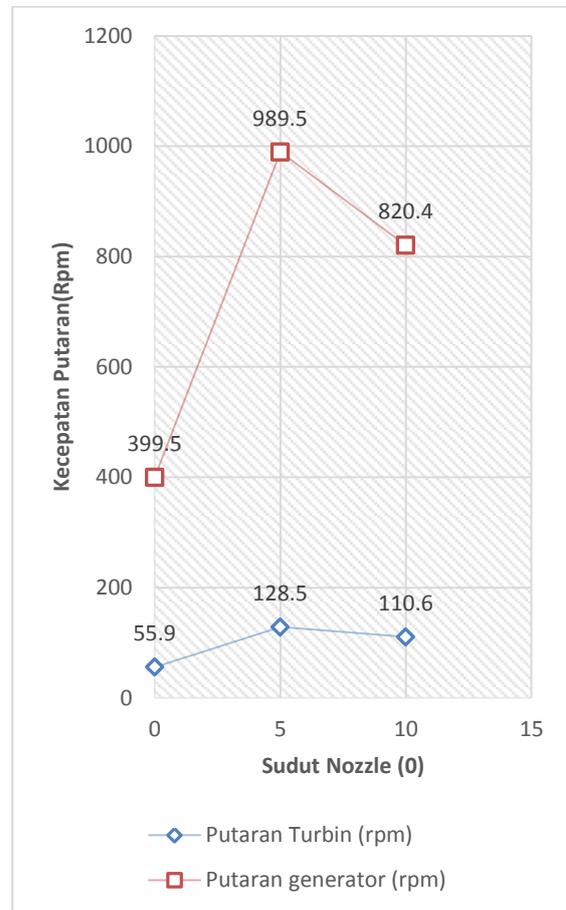
Gambar 10. Kecepatan Turbin dan Generator Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut Nozzle pada Posisi Nozzle 15⁰

Grafik berwarna biru menunjukkan putaran turbin pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 20⁰. Sudut optimal tersebut putaran turbin *Snail-Lie* sebesar 138,1 rpm. Semakin besar sudut *nozzle*, maka semakin cepat kecepatan turbin.

Grafik berwarna merah menunjukkan putaran generator pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 20⁰. Sudut optimal tersebut putaran generator turbin *Snail-Lie* sebesar 1158,6 rpm.

4.3 Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin dan Generator Turbin Snail-Lie Posisi Nozzle 30⁰

Grafik Kecepatan turbin dan generator turbin *Snail-Lie* dapat dilihat pada Gambar 11.



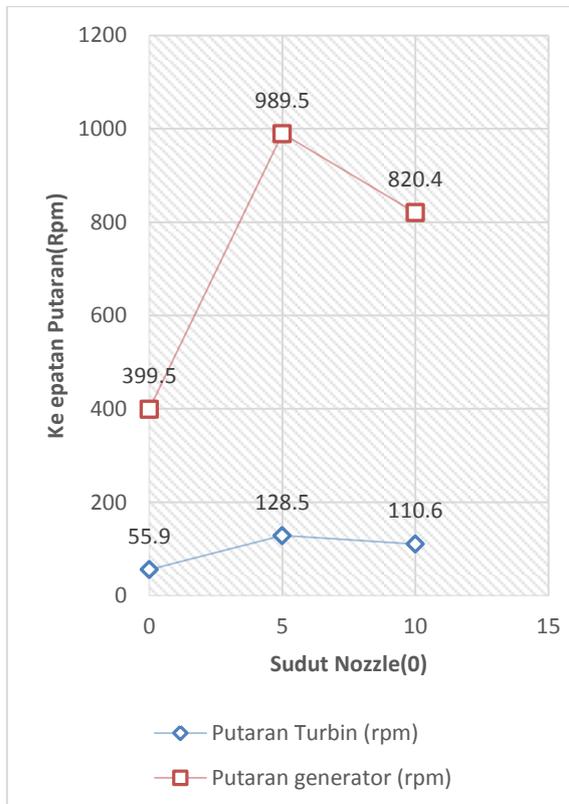
Gambar 11. Kecepatan Turbin dan Generator Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut Nozzle pada Posisi Nozzle 30⁰

Grafik berwarna biru menunjukkan putaran turbin pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 10⁰. Sudut optimal tersebut putaran turbin *Snail-Lie* sebesar 145,7 rpm. Semakin besar sudut *nozzle*, maka semakin cepat kecepatan turbin.

Grafik berwarna merah menunjukkan putaran generator pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 10⁰. Sudut optimal tersebut putaran generator turbin *Snail-Lie* sebesar 1082,6 rpm.

4.4 Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin dan Generator Turbin Snail-Lie Posisi Nozzle 45⁰

Grafik Kecepatan turbin dan generator turbin *Snail-Lie* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kecepatan Turbin dan Generator Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut Nozzle pada Posisi Nozzle 45°

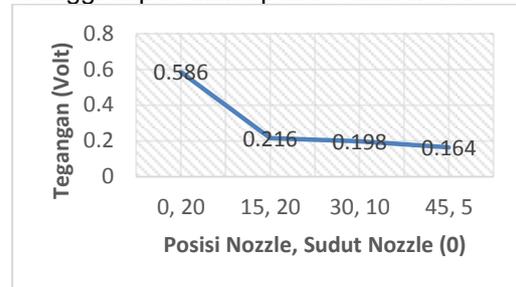
Grafik berwarna biru menunjukkan putaran turbin pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 5°. Sudut optimal tersebut putaran turbin *Snail-Lie* sebesar 128,5 rpm. Semakin besar sudut *nozzle*. Pada sudut 10° mengalami penurunan kecepatan putaran turbin yaitu 110,6 rpm. Hal ini disebabkan karena titik jatuh air tidak berada tepat di daerah aktif berputarnya turbin.

Grafik berwarna merah menunjukkan putaran generator pada sudu turbin *Snail-Lie* semakin tinggi apabila sudut *nozzle* semakin besar dan mencapai titik maksimal pada sudut 5°. Sudut optimal tersebut putaran generator turbin *Snail-Lie* sebesar 989,5 rpm. Pada sudut 10° mengalami penurunan kecepatan putaran generator yaitu 820,4 rpm. Hal ini disebabkan karena titik jatuh air tidak berada tepat di daerah

aktif berputarnya turbin sehingga kecepatan putaran generator juga melambat.

4.5 Tegangan yang Dihasilkan Turbin *Snail-Lie* pada Kecepatan RPM Tertinggi

Grafik tegangan pada kecepatan rpm tertinggi dapat dilihat pada Gambar 13.

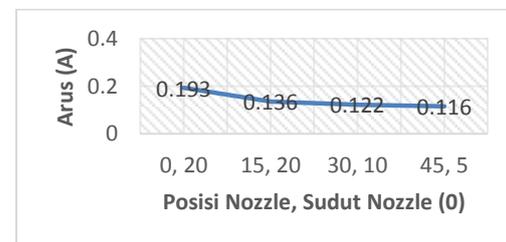


Gambar 13. Tegangan (V) dari Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut Nozzle dan Posisi Nozzle

Gambar 5 menunjukkan bahwa grafik tegangan sudu *Snail-Lie* mencapai titik optimal pada posisi *nozzle* 0° dan sudut *nozzle* 20° yaitu sebesar 0,586 V.

4.6 Arus yang Dihasilkan Turbin *Snail-Lie* Pada Kecepatan RPM tertinggi

Grafik arus pada kecepatan rpm tertinggi dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Tegangan (V) dari Turbin *Snail-Lie* terhadap Sudut Nozzle dan Posisi Nozzle

Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik tegangan sudu *Snail-Lie* mencapai titik optimal pada posisi *nozzle* 0° dan sudut *nozzle* 20° yaitu sebesar 0,193 A.

4.5 Perhitungan Torsi pada Sudu Turbin *Snail-Lie*

Perhitungan torsi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [9].

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

Jadi perhitungan torsi turbin sudu *Snail-Lie* dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut :

- 1) Pada turbin *Snail-Lie* posisi *nozzle* 0° menghasilkan rpm tertinggi pada saat sudut *nozzle* 20° dengan kecepatan putaran kincir setelah dikopel adalah 161,1 rpm dan daya output 0,113 VA, maka torsi kincir adalah :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{0,113}{2 * 3,14 * \frac{161,1}{60}} \\
 &= \frac{0,113}{2 * 3,14 * 2,685} \\
 &= 0,0067 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- 2) Pada turbin *Snail-Lie* posisi *nozzle* 15° menghasilkan rpm tertinggi pada saat sudut *nozzle* 20° dengan kecepatan putaran kincir setelah dikopel adalah 138,1 rpm dan daya output 0, VA, maka torsi kincir adalah :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{0,029}{2 * 3,14 * \frac{138,1}{60}} \\
 &= \frac{0,029}{2 * 3,14 * 2,3} \\
 &= 0,002 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- 3) Pada turbin *Snail-Lie* posisi *nozzle* 30° menghasilkan rpm tertinggi pada saat sudut *nozzle* 10° dengan kecepatan putaran kincir setelah dikopel adalah 145,7 rpm dan daya output 0,024 VA, maka torsi kincir adalah :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{0,024}{2 * 3,14 * \frac{145,7}{60}} \\
 &= \frac{0,024}{2 * 3,14 * 2,43} \\
 &= 0,002 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- 4) Pada turbin *Snail-Lie* posisi *nozzle* 45° menghasilkan rpm tertinggi pada saat sudut *nozzle* 5° dengan kecepatan putaran kincir setelah dikopel adalah

128,5 rpm dan daya output 0,019 VA, maka torsi kincir adalah :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{0,019}{2 * 3,14 * \frac{110,6}{60}} \\
 &= \frac{0,019}{2 * 3,14 * 1,84} \\
 &= 0,0016 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

V. SIMPULAN

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

1. Prototipe turbin *Snail-Lie* semakin besar sudut *nozzle* maka semakin cepat kecepatan putaran turbin maupun generator. Hal ini disebabkan karena pada desain turbin terdapat snail(ruang) sehingga air dapat terjebak di dalamnya sehingga air tersebut dapat memberikan potensi dorongan yang lebih tinggi pada turbin
2. Tegangan output dan arus output generator yang paling besar didapatkan pada turbin *Snail-Lie* dengan posisi *nozzle* 0° dan sudut *nozzle* 20° yaitu sebesar 0,586 Volt dan 0,193 Ampere. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat kecepatan generator maka semakin besar arus dan tegangan yang di hasilkan.
3. Turbin *Snail-Lie* menghasilkan torsi terbesar saat posisi *nozzle* 0° dan sudut *nozzle* 20° yaitu sebesar 0,0067 Nm. Hal ini menunjukkan semakin cepat kecepatan dari turbin maka semakin besar torsi yang dihasilkan.

VI. SARAN

Beberapa saran guna pengembangan dari pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro untuk selanjutnya diperlukan pompa dengan daya yang lebih besar agar dapat melakukan penelitian dengan nilai debit dan tekanan air yang lebih besar. Turbin yang di teliti pada penelitian ini merupakan turbin yang berskala kecil.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I.N.S Kumara, W.G. Ariastina, I.W. Sukerayasa, I.A.D. Giriantari.2014. *On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali. 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*. Yogyakarta : pp. 1-6, doi:10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [2] Budiantara, Dewa Nyoman Tri; Kumara,Nyoman Satya; Giriantari, I.A.D. 2019. *Redesain Dan Analisa Kelayakan PLTMH 25 KW Desa Susuan Karangasem Bali. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro : [S.l.]*, v. 18, n. 3, p. 303-312
- [3] Diana, Putu sari ; Kumara,INS.2018. *The Development of Jatiluwih Micro-Hydro Power Plants To Support Tourism Destination International Student Conference on Electrical and Computer Engineering (ISCECE 2018)*. Bali : pp. 9-14,
- [4] Juliana, P. 2018. Pengaruh Sudut Kemiringan *Head* Turbin Ulir dan daya Putar Turbin dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majalah Ilmiah Teknologi elektro : Vol.17, No.03*.
- [5] Jasa, L.2015. *Investigasi Sudut Nozzle dan Sudut Kelengkungan Sudu turbin Air Untuk Peningkatan Efisiensi Mikro Hidro. (Disertasi)*. Surabaya : ITS.
- [6] Saputra,B. *Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot Wheel.Teknologi Elektro: Vol.16,No. 02*
- [7] Weking, Al.2015. *Modul Simulasi Kontrol Hidro Power Untuk Praktikum Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Udayana..*
- [8] Krishnastana, M.A.K. 2017. "Studi Analisis Pengaruh Perubahan Debit Air dan Tekanan Air Pada Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro". Bali : Universitas Udayana.
- [9] Rosly, C.Z. 2016. *Parametric Study On Efficiency Of Archimedes Screw Turbine. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11, NO.18, SEPTEMBER 2016.