

---

## PENGARUH TINGGI ELEVASI JATUH AIR DENGAN VARIASI SUDUT PADA TURBIN AIR PELTON

Pengki Pratama, Yudi Setiawan, Saparin\*, Eka Sari Wijianti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33149

e-mail: \* [saparinpdca@gmail.com](mailto:saparinpdca@gmail.com)

### *Abstrak*

Energi air merupakan salah satu sumber daya alam dan dapat dimanfaatkan untuk mengatasi kebutuhan energi saat ini, energi baru terbarukan yang mudah dijadikan listrik salah satunya yaitu energi air. Penelitian ini membahas tentang pengaruh tinggi elevasi jatuh air dengan variasi sudut pada turbin air pelton yang menggunakan sudut 30°, 35°, 40°, 45° dan 50°. Pembangkit listrik tenaga air ini berjenis turbin air pelton, dibuat dengan skala kecil dengan jumlah sudu 5 berbentuk lengkung. Penelitian ini menggunakan tabung sebagai tempat sudu pada dinamo agar menghasilkan daya pada dinamo dan pengujian dilakukan di aliran air pompa rumah opas indah pangkalpinang dengan debit air  $Q = 0,000094 \text{ m}^3/\text{s}$ . Variasi sudut elevasi dengan ketinggian elevasi jatuh air berturut – turut adalah 30° (2,89 cm), 35° (3,50 cm), 40° (4,20 cm), 45° (5 cm) dan 50° (5,95 cm). Hasil penelitian diperoleh daya terbesar yaitu pada sudut 45°, tinggi elevasi 5 cm, putaran sudu dinamo 58,8 rpm, arus listrik 0,085 ampere, tegangan 3,6 volt dan daya yang didapatkan rata - rata 0,306 watt. Daya terkecil diperoleh pada sudut 30°, tinggi elevasi 2,89 cm, putaran sudu dinamo 15,8 rpm, arus listrik 0,071 ampere, tegangan 3,13 volt, dan daya dihasilkan rata - rata 0,211 watt.

**Kata kunci :** pembangkit listrik, tinggi elevasi, turbin air pelton

### *Abstract*

*Water energy is one of the natural resources and can be used to overcome current energy needs, new renewable energy that is easily used as electricity, one of which is water energy. This study discusses the effect of the height of the water fall elevation with variations in the angle of the Pelton water turbine using angles of 30°, 35°, 40°, 45° and 50°. This hydroelectric power plant is a Pelton water turbine, made on a small scale with 5 curved blades. This study uses a tube as a holder for the blade on the dynamo in order to produce power on the dynamo and the test is carried out at the pumping water flow of the Opas Indah Pangkalpinang house with a water flow rate of  $Q = 0.000094 \text{ m}^3/\text{s}$ . The variation of the elevation angle with the elevation height of the water fall is 30° (2.89 cm), 35° (3.50 cm), 40° (4.20 cm), 45° (5 cm) and 50° (5.95 cm). The results obtained that the largest power at an angle of 45°, elevation height 5 cm, dynamo blade rotation 58.8 rpm, electric current 0.085 amperes, voltage 3.6 volts and the average power obtained is 0.306 watts. The smallest power is obtained at an angle of 30°, elevation height is 2.89 cm, dynamo blade rotation is 15.8 rpm, electric current is 0.071 amperes, voltage is 3.13 volts, and the average power is 0.211 watts.*

**Keywords:** Power plant, Elevation Height, Pelton Air Turbine

---

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini masyarakat tidak lepas dari penggunaan energi listrik, salah satunya keperluan pekerjaan pabrik, rumah tangga dan lain – lainnya yang membutuhkan energi listrik. Penelitian untuk mengembangkan energi listrik telah banyak dilakukan untuk menghasilkan energi listrik yang efisien dan ramah lingkungan. Krisis energi listrik dapat diantisipasi dengan menggunakan sumber energi terbarukan. Ketersediaan bahan bakar pembangkit listrik yang berasal dari bahan bakar dari fosil lama kelamaan akan habis dan tidak bisa diperbarui. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan upaya untuk menemukan energi baru terbarukan, sebagai contoh penggunaan energi angin, energi air, *geothermal*, gelombang air laut, dan energi surya. Sehingga tidak harus takut mengalami krisis energi.

Energi baru terbarukan (EBT) merupakan energi alternatif bagi masa depan. Khususnya di Indonesia potensi EBT sangatlah besar, salah satunya yaitu energi yang berasal dari energi air yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Aliran air sungai di Indonesia sangat potensial untuk mengembangkan PLTA. Biaya yang diperlukan oleh PLTS tergolong murah dengan sistem kerja dari PLTA yang sederhana sehingga banyak dikembangkan di Indonesia. Umumnya hasil energi listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Air digunakan untuk menyalakan lampu jalan dan keperluan masyarakat sekitarnya. Sistem kerja PLTA yang sederhana sehingga semua kalangan dapat membuat dan memasang alat ini disungai-sungai yang kecil [1].

Turbin air memiliki fungsi sebagai pembangkit listrik. Turbin kinetik ini memanfaatkan kecepatan aliran air sungai, air yang mengalir melewati sudu – sudu mengalami perubahan momentum yang dapat memberikan gaya dorong pada sudu sehingga *runner* berputar. Perubahan energi kinetik air yang menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator sehingga menjadi energi listrik [2]. Turbin air merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, selanjutnya energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator untuk menghasilkan listrik. Sumber air yang digunakan sebagai sumber energi harus bergerak contohnya seperti air terjun atau air mengalir. Air yang mengalir atau air terjun akan mengenai sudu sehingga air akan memberikan daya dorong dan menggerakkan generator, kemudian dikonversikan energi mekanik menjadi energi listrik dan sistem ini disebut pembangkit listrik tenaga air [3].

Turbin Pelton adalah turbin impuls yang memiliki prinsip kerja mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. PLTA skala kecil dapat dibuat dengan cara sederhana sesuai dengan kebutuhan, komponen untuk menyusun sistem pembangkit listrik tenaga air salah satunya adalah posisi sudut masuknya air yang tepat untuk menghasilkan daya yang tertinggi, karena akan berkaitan dengan yang diharapkan dari output yang dihasilkan pada daya. Selain posisi sudut masuknya air hal lain yang dapat berpengaruh yaitu pada komponen kincir air. Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui daya yang terbaik dengan pengaruh tinggi elevasi jatuh air yang berbeda, prototipe PLTMH turbin pelton dengan debit 4,5 GPM dapat menghasilkan putaran turbin tertinggi yaitu 573,3 rpm, dan secara teoritis dapat diterapkan di alam dengan menggunakan penstock yang memiliki sudut elevasi 33,7°, tinggi jatuh air 6,79 meter dan panjang penstock 12,23 meter [4].

*Hydropower* atau Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah sumber terbesar dari energi terbarukan. *Hydropower* memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan energi listrik. Debit air dan ketinggian jatuh air (*head*) diperlukan dalam skema *Hydropower* untuk menghasilkan energi. Sebuah sistem konversi energi menyerap tenaga dari ketinggian dan aliran yang selanjutnya menyalurkan tenaga dalam bentuk daya listrik. Pembangkitkan listrik tenaga *micro hydro* tipe turbin pelton dipengaruhi beberapa hal antara lain tinggi jatuhnya air (*head actual*) dan debit air. Semakin tinggi jatuh air (*Head Actual*) dan semakin banyak debit air yang keluar dari *Nozzle* maka semakin besar juga tegangan listrik yang dihasilkan oleh Micro Hydro. Pada *head actual* 6,6 meter dengan head efektif 4,4 meter menghasilkan debit air 0,000796

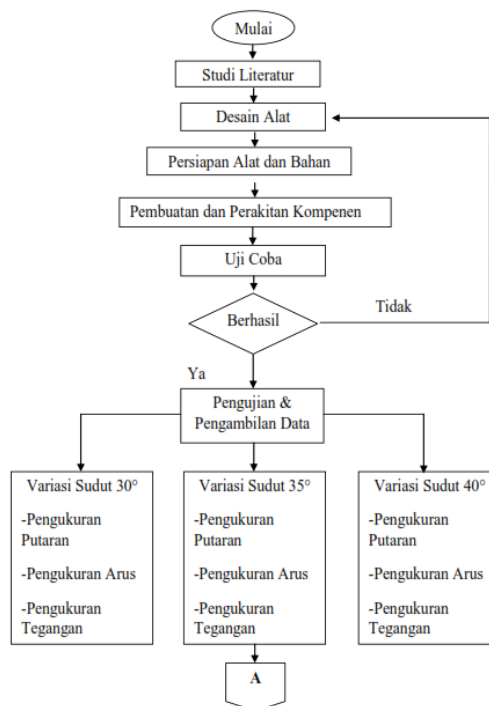
m<sup>3</sup>/s, daya turbin 27,499 Watt dan daya micro hydro 24,749 Watt. Sedangkan pada *head actual* 6 meter dengan head efektif 4 meter menghasilkan debit air 0,000777 m<sup>3</sup>/s, daya turbin 24,3849 Watt dan daya micro hydro 21,946 Watt [5].

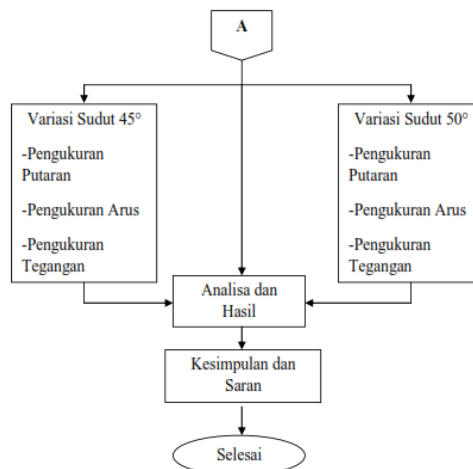
Pada penelitian terdahulu turbin pelton yang dirancang dengan daya *output* generator sebesar 20 KW dengan *head* jatuh air 12 meter. menghasilkan daya yang dikeluarkan sebesar 5-100 KW. Berdasarkan hasil perancangan dan perhitungan komponen-komponen turbin diperoleh debit air 0,265 m<sup>3</sup>/s, jumlah sudu sebanyak 18 buah, tinggi sudu 59,64 mm, tebal sudu 25,56, dimensi luar *runner* sebesar 363,38, diameter pipa 147 mm, kecepatan pancar air adalah 14,88 m/s. Hasil simulasi kecepatan pancar air menggunakan *software autodesk inventor* CFD didapat kecepatan maksimum terjadi pada detik 0,6 sebesar 12,96 m/s [6].

Sebelum melakukan penelitian pada pembangkit listrik tenaga air, lebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mengetahui debit air yang keluar pada pompa air rumahan. Setelah itu dilakukan mencari tinggi elevasi jatuhnya air pada masing-masing sudut elevasi 30°, 35°, 40°, 45° dan 50°. Data yang diperoleh saat pengujian meliputi data putaran pada sudu dinamo (rpm), arus listrik (Ampere), dan tegangan (Volt) dihasilkan pada dinamo. Dari data arus listrik dan tegangan listrik diperoleh daya listrik tertinggi dan terendah. Pengujian penelitian pembangkit listrik tenaga air ini dengan pompa air rumahan sebagai alat penerus air ke tempat pembangkit listrik.

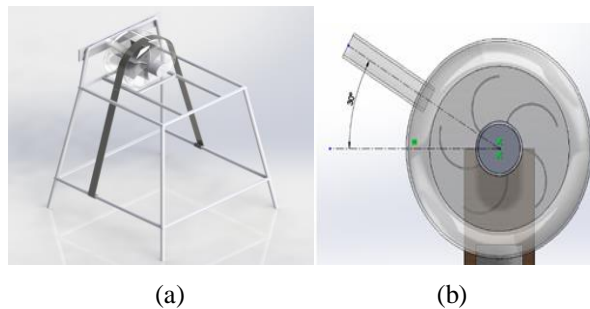
## 2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian ini dilakukan pada pembangkit listrik tenaga air skala kecil dan tinggi elevasi jatuh air dengan variasi sudut pada turbin air pelton, yang akan mengetahui cara kerja dan mengetahui daya terbesar dan terkecil pada pengaruh tinggi elevasi jatuh air dengan variasi sudut pembangkit listrik tenaga air. Variasi sudut elevasi yang digunakan elevasi 30°, 35°, 40°, 45° dan 50°. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. (a) Desain alat pembangkit listrik tenaga air, (b) sudut elevasi

### 2.1 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan studi kepustakaan tentang alat pembangkit listrik tenaga air dan tinggi elevasi jatuh air dengan variasi sudut.

### 2.2 Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air

Desain alat menggunakan *software solidwork* 2013. Hasil rancangan dapat dilihat pada gambar 2(a). Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Dinamo Dc 12 volt.
- Material tabung pembangkit dari plastik dengan diameter tabung 10 cm, panjang 12 cm. Pada tabung pembangkit dibuatkan lubang input dan lubang output.
- Material sudu dari plastik dengan panjang 3 cm, lebar 2,8 cm, dan jumlah baling – baling yaitu 6 buah.
- Dimensi keseluruhan pembangkit listrik dengan panjang 130 mm, lebar 220 mm, dan tinggi 540 mm.

### 2.3 Pembuatan dan perakitan komponen

Langkah – langkah pembuatan komponen pembangkit listrik tenaga air adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan bahan berupa tabung plastik untuk sudu generator.
- Lubangi sudut input fluida pada samping tabung dengan sudut masuk 30°, 35°, 40°, 45°, dan 50°.
- Potong plat untuk membuat sudu atau baling-baling sebanyak 6 buah .

4. Lubangi bagian depan untuk membuat sudu generator berada dalam tabung.
5. Lubangi bagian bawah pada tabung untuk output fluida.
6. Potong besi untuk bagian kaki dan alas sebagai kerangka miniatur.

Langkah – Langkah perakitan komponen pembangkit listrik tenaga air skala kecil hingga menjadi alat yang utuh dan siap digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan rangka yaitu dengan menyiapkan besi cor 6 mm sebagai alas dan kaki untuk meletakkan tabung PLTA dengan skala kecil.
2. Pemasangan sudu yang sudah di potong sesuai ukuran yang telah ditentukan kemudian penyatuan dengan poros generator menggunakan lem.
3. pemasangan sudu generator dipasang pada tabung yang telah dilubangi di bagian depan agar fluida yang masuk akan mengenai sudu pada generator.



Gambar 3. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Cara kerja alat yaitu motor listrik berputar menggerakkan *pulley* penggerak, putaran tersebut diteruskan ke *pulley* yang digerakkan yang terhubung dengan poros. Poros yang digerakkan tersebut terhubung dengan sudu penghalus sehingga sudu penghalus berputar sesuai putaran poros.

#### 2.4 Proses pengujian

Tahapan pengujian sebagai berikut:

1. Persiapkan alat yang sudah dirakitkan.
2. Masukkan sudu pada poros dinamo.
3. Letakkan tabung pada dudukan pembangkit dan kunci dengan menarik tali (karet) supaya tidak bergerak.
4. Pasangkan selang untuk meneruskan air ke lubang input pada pembangkit listrik.
5. Sambungkan kabel pada dinamo ke alat ukur multimeter, agar mengetahui arus dan tegangan pada dinamo yang dihasilkan, serta gunakan alat ukur *tachometer* untuk mengetahui rpm yang dihasilkan dengan cara mendekatkan *tachometer* ke tabung, agar sensor *tachometer* mengenai sudu pada dinamo.
6. Hidupkan mesin pompa air rumahan sebagai penerus air ke pembangkit listrik tenaga air.
7. Lihat multimeter untuk mengetahui berapa hasil arus dan tegangan yang didapatkan, serta rpm yang didapatkan pada alat ukur *tachometer*, lalu catat hasilnya.
8. Matikan pompa air rumahan jika sudah selesai pengambilan data.
9. Lakukan pergantian tabung dengan sudut yang telah dibuat.
10. Lakukan pengujian ke-2 sampai ke-8 dan lakukan pengujian masing – masing sebanyak 3 kali.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, dengan masing- masing Tinggi elevasi jatuh air variasi sudut pengujian. Maka dari perakitan tersebut, dapat kita hitung debit [7], tinggi elevasi jatuh air [8] dan daya [9] :

a. Debit

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

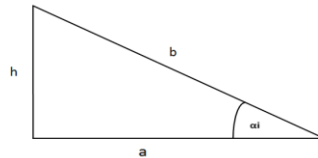
Ket :

Q = Debit Aliran

v = Volume/Liter (m<sup>3</sup>)

t = Waktu (detik)

b. Tinggi Elevasi



$$\cos \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{b}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{a}$$

dimana :

$\alpha$  = Variasi Sudut Elevasi ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ )

a = sisi samping

b = sisi miring

h = Tinggi Elevasi

c. Daya

$$P = V \times I$$

Ket :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (Ampere)

Penelitian ini untuk mengetahui hasil daya yang tertinggi dan terendah dari elevasi jatuh air dengan jenis turbin pelton. dari hasil debit yang telah dilakukan maka setelah itu hasil elevasi jatuh air di gunakan dari sudut 30°, 35°, 40°, 45°, dan 50°. Setelah melakukan penelitian dilakukan mencatat putaran poros dinamo, arus listrik, dan tegangan yang dihasilkan sampai nilai yang telah ditentukan. Perhitungan debit air sebagai berikut :

$$Q = v/t$$

$$Q = 20 \text{ liter} : 211 \text{ detik}$$

$$= 0,094 \text{ ltr/s}$$

$$= 0,094 \text{ ltr/s} = 0,000094 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hasil perhitungan untuk mengetahui tinggi elevasi jatuh air dengan variasi sudut dinyatakan dalam tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Elevasi Jatuh Air

No.	Sudut	Elevasi	
		h (cm)	b (cm)
1.	30°	2,89	5,77
2.	35°	3,5	4,5
3.	40°	4,20	3,8
4.	45°	5	3,5

5.	50°	5,95	3,2

**Keterangan :** h (tinggi elevasi), b (sisi miring)

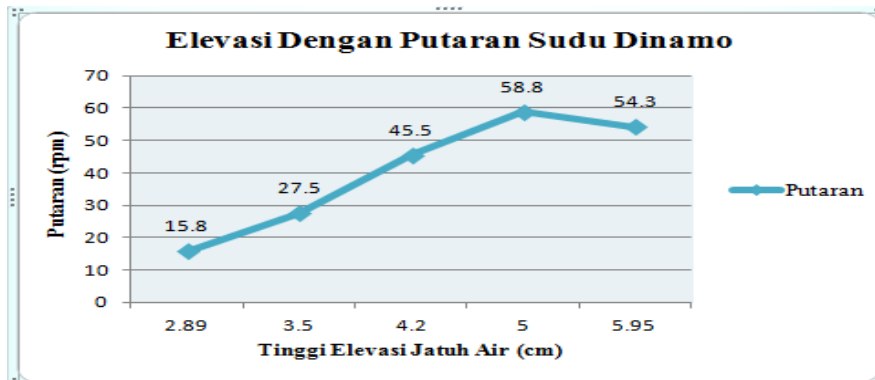
Setelah diketahui tinggi elevasi jatuh air, maka data hasil pengujian untuk mencari rata – rata putaran poros dinamo (rpm), Arus (Ampere), dan Tegangan (Volt), dengan sudut elevasi 30° (2,89 cm ), 35° (3,50 cm), 40° (4,20 cm ), 45° (5 cm), dan 50° (5,95). dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

No.	Elevasi (Cm)	Waktu (Detik)	Putaran (RPM)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
1.	2,89	60	15,8	0,071	3,13	0,211
2.	3,50	60	27,5	0,078	3,33	0,261
3.	4,20	60	45,5	0,081	3,46	0,283
4.	5	60	58,8	0,085	3,6	0,306
5.	5,95	60	54,3	0,08	3,4	0,272

Dari hasil penelitian tinggi elevasi jatuh air dengan sudut 30°, 35°, 40°, 45°, dan 50° akan dicari daya terbesar dan daya terkecil. Dan hasil pada sudut 30° didapatkan tinggi elevasi 2,89 cm, dengan hasil putaran sudu dinamo rata – rata 15,8 rpm, hasil arus listrik rata - rata 0,071 ampere, tegangan yang dihasilkan rata – rata 3,13 volt dan daya yang didaptkan rata – rata 0,211 watt. Untuk sudut 35° didapatkan tinggi elevasi 3,50 cm, dengan hasil putaran sudu dinamo rata – rata 27,5 rpm, hasil arus rata – rata 0,078 ampere, tegangan yang dihasilkan rata – rata 3,33 volt dan daya yang didapatkan rata – rata 0,261 watt. Untuk sudut 40° didapatkan tinggi elevasi 4,20 cm, dengan hasil putaran sudu dinamo rata – rata 45,5 rpm, hasil arus rata – rata 0,081 ampere, tegangan yang dihasilkan rata – rata 3,46 volt dan hasil daya yang didapatkan rata – rata 0,283 watt.. Untuk sudut 45° didapatkan tinggi elevasi 5 cm, dengan hasil putaran sudu dinamo rata - rata 58,8 rpm, hasil arus rata - rata 0,085 ampere, tegangan yang dihasilkan rata - rata 3,6 volt dan daya yang didapatkan rata - rata 0,306 watt. Dan sudut 50° didapatkan tinggi elevasi 5,95 cm, dengan hasil putaran sudu dinamo rata – rata 54,3 rpm, hasil arus rata - rata 0,08 ampere, tegangan yang dihasilkan rata - rata 3,4 volt dan daya yang didapatkan rata - rata 0,272 watt.

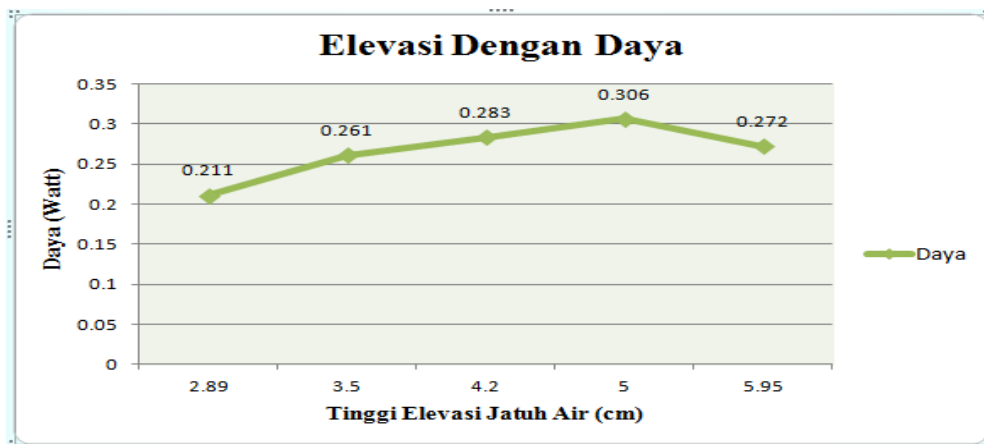
Dari data yang diperoleh dilakukan membuat bentuk grafik agar mengetahui hasil putaran sudu dinamo dari tinggi elevasi jatuh air yang diketahui nilai rata – rata dilihat pada gambar 1 grafik hubungan elevasi jatuh air dengan putaran.



Gambar 4. Grafik tinggi elevasi vs putaran sudu dinamo

Pada gambar 4 menunjukkan hubungan tinggi elevasi jatuh air terhadap putaran sudu dinamo dalam pengujian, pada tinggi elevasi dengan 2,89 cm, 3,50 cm, 4,20 cm, 5 cm dan 5,95 cm, menghasilkan putaran sudu dinamo dengan mengalami peningkatan putaran sudu dinamo (rpm), tetapi pada tinggi elevasi jatuh air dengan 5,95 cm mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada tinggi elevasi jatuh air 5,95 cm dengan variasi sudut  $50^\circ$  air yang mengenai sudu pada bagian dalam, sehingga putaran sudu dinamo (rpm) mengalami penurunan.

Selanjutnya dilakukan kembali untuk membuat bentuk grafik agar mengetahui hasil daya dari tinggi elevasi jatuh air yang diketahui nilai rata – rata dari Arus (Ampere) dan Tegangan (Volt). dilihat pada gambar 2 grafik hubungan elevasi jatuh air dengan daya



Gambar 5. Grafik hubungan elevasi jatuh air dengan daya

Pada gambar 5 menunjukkan hubungan tinggi elevasi jatuh air terhadap daya yang dihasilkan. Pada tinggi elevasi jatuh air yaitu 2,89 cm, 3,50 cm, 4,20 cm, 5 cm dan 5,95 cm bahwa mengalami peningkatan daya (watt), tetapi pada tinggi elevasi jatuh air dengan 5,95 cm mengalami penurunan daya yang didapatkan yaitu 0,272 watt.

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh tinggi elevasi jatuh air dengan sudut elevasi  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $50^\circ$  menghasilkan daya listrik yang berbeda. Daya terbesar terjadi pada variasi sudut elevasi  $45^\circ$  dengan tinggi elevasi jatuh air 5 cm diperoleh daya rata-rata 0,306 watt, arus listrik 0,085 ampere, dan



---

tegangan listrik 3,6 volt. Putaran sudu dinamo pada variasi sudut elevasi  $45^\circ$  dengan tinggi elevasi jatuh air 5 cm adalah 58,8 rpm. Daya terkecil diperoleh pada variasi sudut  $30^\circ$  dengan tinggi elevasi 2,89 cm, putaran sudu dinamo yang dihasilkan yaitu 15,8 rpm, arus listrik 0,071 ampere, tegangan listrik 3,13 volt dan didapatkan daya sebesar 0,211 watt. Pada sudut  $45^\circ$  dengan tinggi elevasi diketahui 5 cm, air yang keluar dari nozel dengan mengenai sudu bagian luar sehingga menghasilkan gaya dorong dengan baik untuk memutar sudu pada dinamo, sedangkan pada sudut  $30^\circ$  dengan tinggi elevasi diketahui 2,89 cm, air yang keluar dari nozel dengan mengenai sudu pada bagian dalam sehingga adanya kekurangan gaya dorong pada sudu dinamo.

## 5. SARAN

Pemilihan material pada sudu untuk memilih yang ringan sehingga beban pada dinamo tidak berat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, M.L, dkk., (2020), *Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro*, Jurnal Edukasi Elektro, Vol. 4, No. 1, 2020
  - [2] Muliawan, A., Yani, A., (2016), *Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner*, Journal of Sainstek, 8(1): 1-9.
  - [3] Misbachudin., M., dkk, (2016), *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Kayuni Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat*, Jurnal Austenit, Vol 8, No 2, 2016.
  - [4] Elvisa, M., (2017), *Kajian Teoritis Tinggi Jatuh Air Pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Turbin Pelton*, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
  - [5] Buyung, S., (2017), *Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (HEAD) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton*, Jurnal Voering, Vol.2 No.1
  - [6] Ahrori, A.H., Kabib,M., Wibowo.R., (2019), *Perancangan Dan Simulasi Turbin Pelton Daya Output Generator 20.000 Watt*, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus.
  - [7] Rustika, I, dkk., (2018), *Sistem Pengukuran dan Pemantauan Ketinggian dan Debit Air Berbasis Mikrokontroler untuk Mendeteksi Potensi Banjir*, Lokakarya Riset Industri dan Seminar Nasional, Vol. 9, 2018.
  - [8] Sultoni, A., (2018), *Pembelajaran Trigonometri Materi Menentukan Tinggi Suatu Benda BerbantuanKlinometer Fleksibel*, Jurnal Prisma, Vol 1, 2018.
  - [9] Nadeak, A.B., (2017), *Unjuk Kerja Kincir Air Breastshot Dengan Sudu 150 Derajat*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
-