

## PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

**Andi Dwi Fernanda**

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,  
Email : [andi.18021@mhs.unesa.ac.id](mailto:andi.18021@mhs.unesa.ac.id)

**Priyo Heru Adiwibowo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email : [priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id](mailto:priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id)

### Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin lama semakin meningkat baik dari kalangan industri maupun rumah tangga. Hal ini dapat menyebabkan menipisnya sumber energi disetiap tahunnya. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi alternatif pengganti energi fosil yang semakin menipis yaitu menggunakan energi dari alam. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu contoh sumber energi alternatif yang memiliki kelebihan ramah lingkungan, biaya operasional murah dan dapat menekan kebutuhan bahan bakar fosil. Salah satu contohnya adalah turbin pelton yang memanfaatkan energi potensial air untuk diubah menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi diameter ujung nosel terhadap daya dan efisiensi turbin pelton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen Dengan memvariasikan diameter ujung nosel yaitu 8 mm, 10 mm, dan 12 mm yang akan diuji dengan variasi kapasitas air sebesar 12 LPM, 16 LPM dan 20 LPM dengan pembebanan 500 gram dan akan terus bertambah 500 gram sampai turbin berhenti berputar. Pada hasil penelitian didapatkan daya turbin tertinggi pada kapasitas air 20 LPM dengan diameter nosel 8 mm yaitu sebesar 2,508 Watt pada pembebanan 5000 gram. Kemudian efisiensi paling optimum terdapat pada kapasitas air 12 LPM dengan diameter nosel 12 mm pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51%. Sedangkan daya dan efisiensi terendah terdapat pada nosel dengan diameter 12 mm pada kapasitas air 16 LPM yaitu sebesar 0,053 Watt dan nilai efisiensi sebesar 6,87% pada pembebanan 2500 gram.

**Kata kunci:** Turbin pelton, Rancang bangun, Rasio diameter.

### Abstract

*The need for electrical energy in Indonesia is increasing both from industry and households. It's because the depletion of energy sources every year. Therefore, alternative energy sources are needed to replace fossil energy which is running low, namely using energy from nature. Micro-hydro power plant PLTMH is an example of an alternative energy source that has advantages of being environmentally friendly, low operating costs so that it can reduce the need for fossil fuels. Pelton turbine is the one of them which are using potensial energi to be converted to electrical energy. The purpose of this study was to determine the influence of variations in the diameter of the nozzle tip on the power and efficiency of the Pelton turbine. This study uses an experimental method by varying the diameter of the nozzle tip, namely 8 mm, 10 mm, and 12 mm which will be tested with variations in water capacity of 12 LPM, 16 LPM and 20 LPM with a loading of 500 grams and will continue to increase by 500 grams until the turbine stops rotating. . The highest turbine power is produced at a water capacity of 20 LPM with a nozzle diameter of 8 mm, which is 2,508 Watt at a loading of 5000 grams. Then the most optimum efficiency is found in the water capacity of 12 LPM with a nozzle diameter of 12 mm at a loading of 1000 grams, which is 57.51%. While the lowest power and efficiency occur in the nozzle with a diameter of 12 mm at a water capacity of 16 LPM, which is 0.053 Watt and an efficiency value of 6.87% at a loading of 2500 grams.*

**Keywords:** Pelton turbine, Design, Diameter ratio

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat dibutuhkan di era sekarang ini, seiring berjalannya waktu tingkat konsumsinya semakin meningkat baik dari kalangan industri maupun rumah tangga. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi listrik alternatif pengganti

energi fosil, di Indonesia potensi energi terbarukan sangat besar salah satunya yaitu energi air.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang selalu ada ketersediaannya, air yang mengalir menghasilkan energi kinetik yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan turbin air. turbin air memiliki poros yang terkait pada propeller dan dapat memutar generator sehingga dapat menghasilkan listrik.

Menurut (Dewan Energi Nasional, 2019) menyatakan bahwa Tenaga Air merupakan salah satu potensi energi terbarukan tertinggi pada urutan kedua dengan potensi mencapai 94,3 GW setelah energi Surya dengan potensi sebesar 207,8 GW. Dikarenakan Indonesia memiliki perairan seluas 6,4 juta kilometer persegi atau 77 persen dari semua wilayah Indonesia, maka potensi untuk membangun pembangkit listrik tenaga air di Indonesia merupakan peluang yang baik.

PLTMH merupakan salah satu contoh bentuk energi alternatif yang memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya diantaranya yaitu: lebih ramah lingkungan, tidak membutuhkan biaya operasional yang mahal dan dapat menekan kebutuhan bahan bakar fosil serta cocok untuk wilayah terpencil selain itu perawatan yang dibutuhkan juga mudah (yogi suryo setyo putro, pitojo tri juwono, 2015).

Turbin Pelton merupakan jenis turbin air impuls yang memanfaatkan energi potensial air sebagai sumber tenaga. Energi potensial yang terkandung dalam air dihasilkan dari tinggi jatuh air atau akibat dari debit air yang mengalir dari sungai. Kebutuhan potensi air dengan head yang tinggi dan debit kecil menjadikan turbin Pelton merupakan pilihan yang tepat untuk beberapa daerah pegunungan di Indonesia (Kamal et al., 2013).

Dalam “turbin air dan kelengkapan mekanik teknik energi terbarukan”. Kemendikbud 2015, Turbin impuls termasuk turbin pelton, memanfaatkan energi kinetik fluida terutama dipengaruhi oleh tekanan air karena ada perbedaan ketinggian kemudian energi air diubah menjadi energi kinetik dengan menggunakan nossel yang mana tanpa terjadi perubahan tekanan pada air sebelum dan sesudah melewati runner.

Dalam prototype turbin pelton sebagai energi alternatif mikrohidro di lampung, menyatakan bahwa jumlah sudu dapat berpengaruh pada output turbin Pelton. Hal itu dibuktikan dalam penelitian ini bahwa jumlah sudu yang paling efektif dalam penelitian ini yaitu dengan sudu berjumlah 40 buah. Dari ketiga variasi jumlah sudu yang digunakan dalam penelitian ini turbin dengan jumlah sudu 40 buah menunjukkan hasil sebagai berikut pada debit 0,0005 m<sup>3</sup> /s menghasilkan daya 4,97 Watt dan efisiensi paling optimum yaitu pada sudu berjumlah 40 buah pada debit 0.0005 m<sup>3</sup> /s yaitu sebesar 4,9 %. Dalam hal ini jumlah berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Sedangkan efisiensi atau daya rata-rata turbin didapat dari hasil perbandingan daya output dibagi dengan daya input. (Irawan, 2014).

Dalam penelitian karakteristik daya turbin pelton skala mikro dengan variasi bentuk sudu pipa elbow 90° dengan diameter ½” dan ¾” menggunakan turbin pelton poros horizontal dengan bervariasi jumlah sudu

menghasilkan daya maximum terdapat pada sudu turbin dengan sudu berjumlah 12 serta berdiameter ½” dan 1,938 Watt dengan putaran turbin 560 rpm. Sedangkan Daya paling rendah didapatkan pada turbin dengan jumlah sudu 8 serta berdiameter ½”. Yaitu sebesar 1,36 Watt dengan putaran turbin 475 rpm. (Zei, 2016)

Pada penelitian (Insanto & Adiwibowo, 2017) yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Diameter Luar dan Dalam Sudu Setengah lingkaran Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Cross Flow Poros Horizontal” mendapatkan hasil penelitian turbin dengan rasio diameter 0.6 menghasilkan daya maximum dan efisiensi yang paling optimal jika dibandingkan dengan rasio diameter 0.5, 0.65, dan 0.7. Daya maximum dihasilkan oleh turbin dengan rasio diameter 0.6 pada kapasitas 14.32 L/s serta pembebanan 5500 gram, menghasilkan daya sebesar 2,86 Watt. Efisiensi paling optimum juga dihasilkan oleh rasio diameter 0.6 pada kapasitas 14.32 L/s dengan pembebanan 5500 gram yaitu sebesar 74,18%. Dalam penelitian ini data didapat melalui perhitungan dan pengukuran. Proses pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur. Untuk mendapatkan data kecepatan turbin menggunakan tachometer dan untuk mendapatkan data pembebanan menggunakan prony break sedangkan debit air dapat menggunakan flowmeter.

Beberapa mahasiswa terdahulu sudah banyak yang melakukan inovasi dengan tujuan mendapatkan hasil kinerja turbin yang optimal, tetapi masih belum ada mahasiswa yang meneliti tentang turbin air jenis pelton. Untuk mengembangkan pengetahuan mengenai turbin air maka penulis berinisiatif membangun turbin air jenis pelton dengan variasi diameter ujung nossel 8mm, 10mm, dan 12mm. Harapan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui pengaruh dari variasi diameter ujung nossel untuk menentukan daya dan efisiensi terbaik .

## METODE

### Jenis penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah metode untuk mencari adanya hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berkaitan. Pada eksperimen ini peneliti memvariasikan rasio diameter ujung nossel dengan pipa utama untuk mencari efisiensi terbaik. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang telah disesuaikan.

### Waktu

Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian atau tugas akhir ini adalah setelah melakukan seminar proposal.

### Tempat

Penelitian ini dilakukan di jurusan Teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan proses fabrikasi dilakukan di bengkel-bengkel yang telah bersedia untuk bekerjasama.

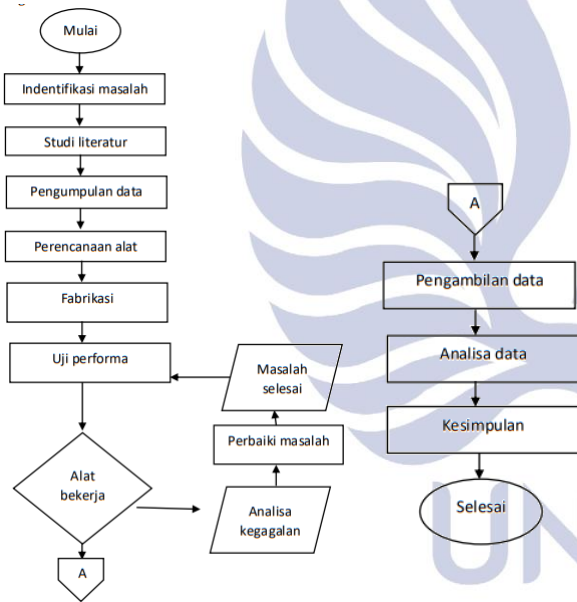
**Objek penelitian**

Objek penelitian dalam proposal Tugas Akhir ini yaitu efisiensi dan daya keluaran turbin air pelton dengan variable bebas variasi rasio diameter ujung nozzle dengan pipa utama yaitu 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.

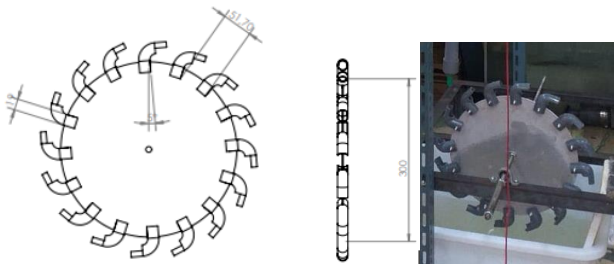
**Variable penelitian**

- Variabel Bebas (Independent)  
Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi rasio diameter ujung nozzle dengan pipa utama yaitu 8 mm, 10 mm, dan 12 mm.
- Variabel Terikat (dependent)  
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin pelton.
- Variable kontrol  
Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:
  1. Menggunakan jumlah sudu turbin 16 unit
  2. Menggunakan pipa utama berdiameter 1 inc
  3. Jarak semprot nosel 5 cm

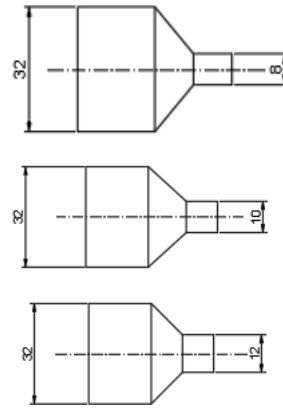
Berikut adalah diagram alir penelitian turbin air pelton:



**Gambar 1** Diagram alir.



**Gambar 2** Design hasil real turbin



**Gambar 3** Design nossel



**Gambar 4** Variasi Ujung Nossel

**Pengambilan data**

Tahap berikutnya adalah pengambilan data yang dilakukan setelah pengujian performa dari kinerja turbin air pelton yang bertujuan untuk mengetahui apakah variasi diameter ujung nosel berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan serta untuk mengetahui daya dan efisiensi terbaik dari variasi diameter nosel pada beberapa kapasitas air dan pembebanan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil penelitian**

Pada penelitian kali ini data penelitian didapatkan melalui pengukuran dan perhitungan. Data pengukuran yang didapatkan seperti beban neraca menggunakan prony break, putaran turbin menggunakan tachometer dan debit air menggunakan flowmeter. Sedangkan data perhitungan didapatkan melalui rumus berikut:

1. Luas Penampang ujung nosel (A)

Persamaan untuk menghitung luas ujung nosel yang menumbuk sudu turbin digunakan persamaan:

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

Dengan:

A = Luasan ujung nosel (m<sup>2</sup>).

d = diameter dalam nosel (m).

2. Kecepatan Aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran, digunakan persamaan:

$$v = Q / A$$

Dengan:

v = Kecepatan aliran (m/s).

Q = Debit aliran air (m<sup>3</sup>/s).

A = Luasan ujung nosel (m<sup>2</sup>).



3. Kecepatan anguler/tangensial ( $\omega$ )  
 Untuk mendapatkan nilai kecepatan anguler menggunakan persamaan:  

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot 60$$
 Dengan:  
 $\omega$  = Kecepatan anguler/tangensial (rad/s).  
 $n$  = Putaran turbin (rpm).
4. Gaya (F)  
 Besaran gaya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:  $F = m \cdot g$   
 Dengan:  
 $F$  = Gaya (N)  
 $m$  = Beban (kg)  
 $g$  = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)
5. Torsi (T)  
 Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:  $T = F \cdot r$   
 Dimana:  
 $T$  = Torsi (N.m)  
 $F$  = Gaya (N)  
 $r$  = Lengan / jari-jari (m)
6. Daya Turbin  
 Daya turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:  $P_t = T \cdot \omega$   
 Dimana:  
 $P_t$  = Daya turbin (Watt)  
 $T$  = Torsi (N.m)  
 $\omega$  = Kecepatan angular (rad/s)
7. Daya air (Pa)  
 Untuk menghitung daya air, digunakan persamaan:  

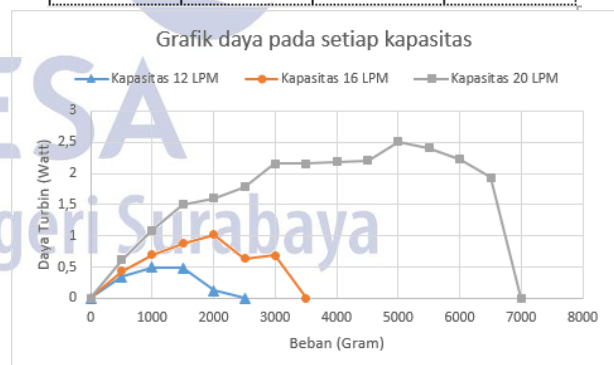
$$P_a = 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$
 Dengan:  
 $P_a$  = Daya air (watt)  
 $\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>).  
 $A$  = Luasan ujung nosel (m<sup>2</sup>).  
 $v$  = Kecepatan aliran (m/s).
8. Efisiensi Turbin ( $\eta$ )  
 Efisiensi turbin dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:  

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$
 Dimana:  
 $\eta$  = Efisiensi turbin  
 $P_t$  = Daya turbin (Watt)  
 $P_a$  = Daya air (Watt)

turbin menunjukkan peningkatan sampai pada pembebanan 1000 gram yaitu 0,497 Watt dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 2500 gram. Kemudian pada kapasitas 16 LPM turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 1,02 Watt pada pembebanan 2000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 3500 gram. Pada kapasitas air 20 LPM turbin mengalami kenaikan daya seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai daya tertinggi pada pembebanan 5000 gram yaitu sebesar 2,508 Watt dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan hingga mencapai titik nol pada pembebanan 7000 gram.

**Tabel 1** hasil daya turbin pada tiap kapasitas

Beban (Gram)	Daya Turbin (Watt)		
	12 LPM	16 LPM	20 LPM
0	0	0	0
500	0,345	0,437	0,619
1000	0,497	0,699	1,09
1500	0,481	0,879	1,504
2000	0,117	1,02	1,599
2500	0	0,639	1,789
3000		0,689	2,16
3500		0	2,161
4000			2,184
4500			2,21
5000			2,508
5500			2,412
6000			2,233
6500			1,931
7000			0



**Gambar 5** Grafik daya turbin pada tiap kapasitas

**Pembahasan**

Pada proses pengambilan data dilakukan setelah alat berhasil dijalankan. Data yang diambil berupa debit air, beban dan putaran turbin yang kemudian diolah dan dimasukkan kedalam tabel 1.

**Pengaruh variasi kapasitas air pada prototype turbin air pelton dengan diameter nossel 8 mm terhadap daya turbin**

Berdasarkan pada gambar 5 dapat dilihat bahwa pada diameter nosele 8 mm dan kapasitas air 12 LPM

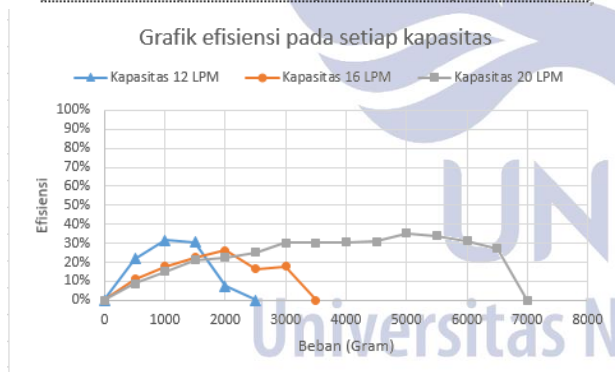
Berdasar dari analisa data diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada diameter nossel 8 mm terdapat pada kapasitas air 20 LPM dengan pembebanan 5000 gram yaitu sebesar 2,508 Watt. Hal ini dikarenakan kapasitas air semakin besar diameter ujung nossel kecil menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat.

Sebaliknya daya turbin terendah terdapat pada kapasitas air 12 LPM pada pembebanan 2000 gram yaitu 0,117 Watt. Hal ini dikarenakan semakin kecilnya kapasitas air menyebabkan menurunnya kecepatan air sehingga putaran turbinnya turut menurun dan berdampak pada menurunnya daya turbin.

### Pengaruh variasi kapasitas air pada prototype turbin air pelton dengan diameter nosel 8 mm terhadap efisiensi

Tabel 2 hasil efisiensi pada tiap kapasitas

Beban (Gram)	Efisiensi Turbin		
	12 LPM	16 LPM	20 LPM
0	0%	0%	0%
500	21,84%	11,23%	8,69%
1000	31,46%	17,97%	15,31%
1500	30,44%	22,60%	21,12%
2000	7,41%	26,22%	22,46%
2500	0%	16,43%	25,13%
3000		17,71%	30,34%
3500		0%	30,35%
4000			30,67%
4500			31,04%
5000			35,22%
5500			33,88%
6000			31,36%
6500			27,12%
7000			0%



Gambar 6 Grafik efisiensi turbin pada tiap kapasitas

Berdasarkan pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pada diameter nosel 8 mm dan kapasitas air 12 LPM turbin menunjukkan peningkatan efisiensi sampai pada pembebanan 1000 gram yaitu 31,46% dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 2500 gram. Kemudian pada kapasitas 16 LPM turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 26,22% pada pembebanan 2000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 3500 gram sehingga menyebabkan efisiensi menjadi 0%. Pada kapasitas air 20 LPM turbin

mengalami kenaikan efisiensi seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai efisiensi tertinggi pada pembebanan 5000 gram yaitu sebesar 42,80% dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan efisiensi hingga mencapai titik nol pada pembebanan 7000 gram.

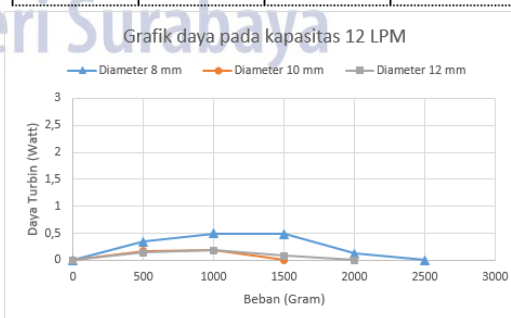
Berdasarkan data diatas maka peneliti dapat disimpulkan bahwa efisiensi tertinggi pada diameter nosel 8 mm terdapat pada kapasitas air 20 LPM dengan pembebanan 5000 gram yaitu sebesar 42,80%. Hal ini dikarenakan kapasitas air semakin besar dan diameter ujung nosel kecil menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat daya serta efisiensi yang dihasilkan naik. Sebaliknya efisiensi terendah terdapat pada kapasitas air 12 LPM pada pembebanan 2000 gram yaitu 7,41%. Hal ini dikarenakan semakin kecilnya kapasitas air menyebabkan menurunnya kecepatan air sehingga putaran turbinnya turut menurun dan berdampak pada menurunnya efisensi turbin. Namun Tidak menutup kemungkinan bahwa dengan kapasitas air lebih rendah bisa menghasilkan efisiensi lebih besar karena efisiensi dihasilkan dari perbandingan antara daya turbin dengan daya air dikali 100 jika daya turbin dan daya air terpaut jauh maka akan menurunkan nilai efisiensi hal itu terjadi karena adanya kehilangan energi.

### Pengaruh variasi diameter ujung nosel pada kapasitas yang sama terhadap daya turbin

- Pengaruh variasi diameter ujung nosel pada kapasitas 12 LPM terhadap daya turbin.

Tabel 3 hasil daya turbin pada kapasitas 12 LPM.

Beban (Gram)	Daya Turbin (Watt)		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0	0	0
500	0,345	0,17	0,138
1000	0,497	0,180	0,18
1500	0,481	0	0,086
2000	0,117		0
2500	0		



Gambar 7 Grafik daya turbin pada kapasitas 12 LPM

Berdasarkan pada gambar 7 dapat dilihat bahwa dengan kapasitas air 12 LPM pada nosel berdiameter 8 mm turbin menunjukkan peningkatan sampai pada pembebanan 1000 gram yaitu 0,497 Watt dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada

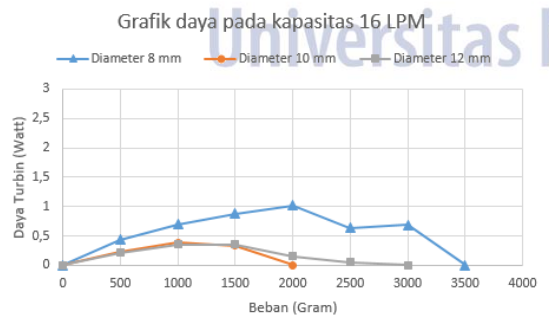
pembebanan 2500 gram. Kemudian pada diameter nossel 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 0,180 Watt pada pembebanan 1000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 1500 gram. Pada diameter nossel 12 mm turbin mengalami kenaikan daya seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai daya tertinggi pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 0,180 Watt dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan hingga mencapai titik nol pada pembebanan 2000 gram.

Berdasar dari analisa data diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada kapasitas 12 LPM terdapat pada diameter nossel 8 mm dengan pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 0,497 Watt. Hal ini dikarenakan semakin kecil diameter ujung nossel menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat. Sebaliknya daya turbin terendah terdapat pada diameter nossel 12 mm pada pembebanan 1500 gram yaitu 0,086 Watt. Hal ini dikarenakan semakin besarnya diameter nossel menyebabkan menurunnya kecepatan air serta semakin meningkatnya pembebanan sehingga putaran turbinnya turut menurun dan berdampak pada menurunnya daya turbin sehingga perlu adanya gaya yang lebih besar untuk bisa mendorong turbin berputar.

- Pengaruh variasi diameter ujung nossel pada kapasitas 16 LPM terhadap daya turbin.

**Tabel 4** hasil daya turbin pada kapasitas 16 LPM

Beban (Gram)	Daya Turbin (Watt)		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0	0	0
500	0,437	0,226	0,208
1000	0,699	0,381	0,350
1500	0,879	0,337	0,357
2000	1,02	0	0,154
2500	0,639		0,053
3000	0,689		0
3500	0		



**Gambar 8** Grafik daya turbin pada kapasitas 16 LPM

Berdasarkan pada gambar 8 dapat dilihat bahwa pada kapasitas 16 LPM dan diameter nossel 8 mm turbin menunjukkan peningkatan sampai pada pembebanan 2000 gram yaitu 1,02 Watt dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 3500 gram.

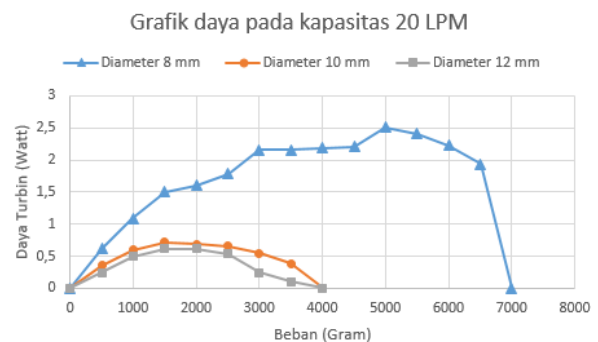
Kemudian pada diameter 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 0,381 Watt pada pembebanan 1000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 2000 gram. Pada diameter 12 mm turbin mengalami kenaikan daya seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai daya tertinggi pada pembebanan 1500 gram yaitu sebesar 0,357 Watt dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan hingga mencapai titik nol pada pembebanan 3000 gram.

Berdasar dari analisa data diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada kapasitas 16 LPM terdapat pada diameter 8 mm dengan pembebanan 2000 gram yaitu sebesar 1,02 Watt. Hal ini dikarenakan kapasitas air semakin besar diameter ujung nossel kecil menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat. Sebaliknya daya turbin terendah terdapat pada diameter 12 mm pada pembebanan 2500 gram yaitu 0,053 Watt. Hal ini dikarenakan semakin besarnya diameter nossel menyebabkan menurunnya kecepatan air sehingga putaran turbinnya turut menurun dan berdampak pada menurunnya daya turbin.

- Pengaruh variasi diameter ujung nossel pada kapasitas 20 LPM terhadap daya turbin.

**Tabel 5** hasil daya turbin pada kapasitas 20 LPM

Beban (Gram)	Daya Turbin (Watt)		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0	0	0
500	0,619	0,358	0,246
1000	1,09	0,594	0,494
1500	1,504	0,719	0,616
2000	1,599	0,684	0,618
2500	1,789	0,658	0,534
3000	2,16	0,546	0,239
3500	2,161	0,388	0,101
4000	2,184	0	0
4500	2,21		
5000	2,508		
5500	2,412		
6000	2,233		
6500	1,931		
7000	0		



**Gambar 9** grafik daya turbin pada kapasitas 20 LPM



Berdasarkan pada gambar 9 dapat dilihat bahwa pada kapasitas 20 LPM dan diameter nosel 8 mm turbin menunjukkan peningkatan sampai pada pembebanan 5000 gram yaitu 2,508 Watt dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 7000 gram. Kemudian pada diameter 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 0,719 Watt pada pembebanan 1500 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 4000 gram. Pada diameter 12 mm turbin mengalami kenaikan daya seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai daya tertinggi pada pembebanan 2000 gram yaitu sebesar 0,618 Watt dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan hingga mencapai titik nol pada pembebanan 4000 gram.

Berdasar dari analisa data diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya tertinggi pada kapasitas 20 LPM terdapat pada diameter 8 mm dengan pembebanan 2000 gram yaitu sebesar 2,508 Watt. Hal ini dikarenakan kapasitas air semakin besar diameter ujung nosel kecil menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat. Sebaliknya daya turbin terendah terdapat pada diameter 12 mm pada pembebanan 3500 gram yaitu 0,101 Watt. Hal ini dikarenakan semakin besarnya diameter nosel menyebabkan menurunnya kecepatan air sehingga putaran turbinnya turut menurun dan berdampak pada menurunnya daya turbin.

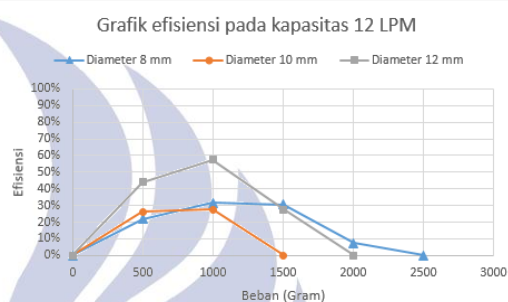
Berdasarkan analisa data pengujian diatas dapat diketahui daya terbesar dihasilkan oleh turbin dengan diameter nosel 8 mm pada kapasitas air 20 LPM dan pada pembebanan 5000 gram yaitu sebesar 2,508 Watt dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi rasio diameter ujung nosel dengan pipa utama pada prototype turbin air pelton berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan hal itu dikarenakan semakin kecil diameter nosel pada kapasitas yang sama menghasilkan kecepatan aliran yang lebih tinggi karena hambatan yang diterima semakin tinggi sehingga menyebabkan daya yang dihasilkan semakin besar. Hal ini berkaitan dengan hukum kontinuitas yang menyatakan bahwa untuk fluida yang tak termampatkan dan mengalir dalam keadaan tunak, maka laju aliran volume di setiap titik fluida tersebut adalah sama. Yang artinya jika pada kapasitas yang sama tetapi luas permukaan ujung nosel berbeda maka massa air yang didapatkan sama tetapi nilai kecepatannya berbeda. Sebaliknya pada kapasitas 12 LPM dan pembebanan 2500 gram menghasilkan daya terendah yaitu 0,053 Watt. Dapat simpulkan pula bahwa torsi akan semakin bertambah besar jika beban terus ditingkatkan selama pengujian dan jika gaya turbin tidak mampu menahan besar torsi yang diberikan maka turbin akan berhenti berputar.

**Pengaruh variasi diameter ujung nosel pada kapasitas yang sama terhadap efisiensi turbin**

- Pengaruh variasi diameter ujung nosel pada kapasitas 12 LPM terhadap efisiensi turbin

**Tabel 6** hasil efisiensi pada kapasitas 12 LPM

Beban (Gram)	Efisiensi Turbin		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0%	0%	0%
500	21,84%	26,19%	44,09%
1000	31,46%	27,73%	57,51%
1500	30,44%	0%	27,48%
2000	7,41%		0%
2500	0%		



**Gambar 10** Grafik efisiensi pada kapasitas 12 LPM

Berdasarkan pada gambar 10 dapat dilihat bahwa pada kapasitas air 12 LPM diameter nosel 8 mm turbin menunjukkan peningkatan efisiensi sampai pada pembebanan 1000 gram yaitu 31,46% dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 2500 gram. Kemudian pada diameter 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 27,73% pada pembebanan 1000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 1500 gram sehingga menyebabkan efisiensi menjadi 0%. Pada diameter 12 mm turbin mengalami kenaikan efisiensi seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai efisiensi tertinggi pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51% dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan efisiensi hingga mencapai titik nol pada pembebanan 2000 gram.

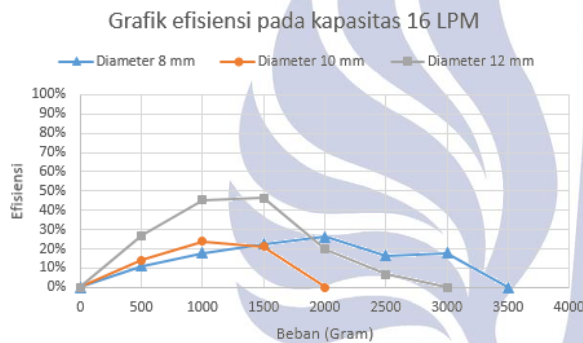
Berdasarkan data diatas maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa efisiensi tertinggi pada kapasitas air 12 LPM dan diameter nosel 12 mm terdapat pada dengan pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51%. Efisiensi terendah terdapat pada diameter nosel 8 mm pada pembebanan 2000 gram yaitu 7,41%. Pada hal ini kapasitas air dan diameter ujung nosel dapat menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat sehingga daya serta efisiensi yang dihasilkan naik namun efisiensi dihasilkan dari perbandingan daya turbin dan daya air kemudian dibagi 100 sehingga nilai efisiensi akan besar jika selisih antara daya turbin dan daya air tidak terpaut

jauh jika kecepatan aliran air tinggi maka dapat menyebabkan daya turbin tinggi serta daya air yang tinggi pula.

- Pengaruh variasi diameter ujung nossel pada kapasitas 16 LPM terhadap efisiensi turbin.

**Tabel 7** hasil efisiensi pada kapasitas 16 LPM

Beban (Gram)	Efisiensi Turbin		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0%	0%	0%
500	11,23%	14,16%	26,98%
1000	17,97%	23,87%	45,40%
1500	22,60%	21,12%	46,30%
2000	26,22%	0%	19,97%
2500	16,43%		6,87%
3000	17,71%		0%
3500	0%		



**Gambar 11** Grafik efisiensi pada kapasitas 16 LPM

Berdasarkan pada gambar 11 dapat dilihat bahwa pada kapasitas air 16 LPM dan diameter nossel 8 mm turbin menunjukkan peningkatan efisiensi sampai pada pembebanan 2000 gram yaitu 26,22% dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 3500 gram. Kemudian pada diameter 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 23,87% pada pembebanan 1000 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada pembebanan 2000 gram sehingga menyebabkan efisiensi menjadi 0% . Pada diameter 12 mm turbin mengalami kenaikan efisiensi seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai efisiensi tertinggi pada pembebanan 1500 gram yaitu sebesar 46,30% dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan efisiensi hingga mencapai titik nol pada pembebanan 3000 gram.

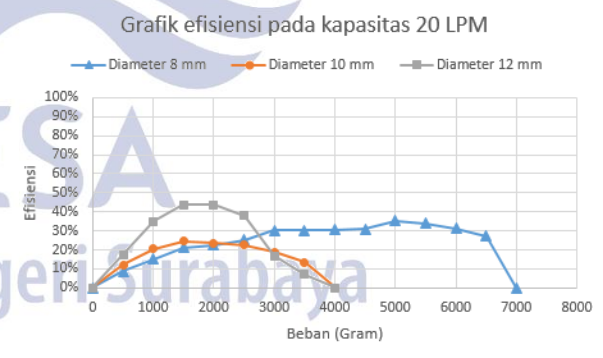
Berdasarkan data diatas maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa efisiensi tertinggi pada kapasitas air 16 LPM dan diameter nossel 12 mm terdapat pada dengan pembebanan 1500 gram yaitu sebesar 46,30%. Efisiensi terendah terdapat pada diameter 12 mm pada pembebanan 3000 gram yaitu 6,87%. Pada hal ini kapasitas air dan diameter ujung nossel dapat menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang

berdampak pada putaran turbin ikut meningkat sehingga daya serta efisiensi yang dihasilkan naik namun efisiensi dihasilkan dari perbandingan daya turbin dan daya air kemudian dibagi 100 sehingga nilai efisiensi akan besar jika selisih antara daya turbin dan daya air tidak terpaut jauh jika kecepatan aliran air tinggi maka dapat menyebabkan daya turbin tinggi serta daya air yang tinggi pula.

- Pengaruh variasi diameter ujung nossel pada kapasitas 16 LPM terhadap efisiensi turbin.

**Tabel 8** hasil efisiensi pada kapasitas 20 LPM

Beban (Gram)	Efisiensi Turbin		
	8 mm	10 mm	12 mm
0	0%	0%	0%
500	8,69%	12,28%	17,45%
1000	15,31%	20,37%	35,04%
1500	21,12%	24,66%	43,69%
2000	22,46%	23,46%	43,83%
2500	25,13%	22,57%	37,87%
3000	30,34%	18,72%	16,95%
3500	30,35%	13,31%	7,16%
4000	30,67%	0%	0%
4500	31,04%		
5000	35,22%		
5500	33,88%		
6000	31,36%		
6500	27,12%		
7000	0%		



**Gambar 12** Grafik efisiensi pada kapasitas 20 LPM

Berdasarkan pada gambar 12 dapat dilihat bahwa pada kapasitas air 20 LPM dan diameter nossel 8 mm turbin menunjukkan peningkatan efisiensi sampai pada pembebanan 5000 gram yaitu 35,22% dan kemudian kembali menurun hingga akhirnya berhenti pada pembebanan 7000 gram. Kemudian pada diameter 10 mm turbin juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai titik tertinggi daya turbin yaitu 24,66% pada pembebanan 1500 gram dan turbin juga mengalami penurunan daya hingga berhenti dititik 0 pada



pembebanan 4000 gram sehingga menyebabkan efisiensi menjadi 0% . Pada diameter 12 mm turbin mengalami kenaikan efisiensi seiring naiknya tingkat pembebanan hingga mencapai efisiensi tertinggi pada pembebanan 2000 gram yaitu sebesar 43,83% dan kemudian turbin kembali mengalami penurunan efisiensi hingga mencapai titik nol pada pembebanan 4000 gram.

Berdasarkan data diatas maka peneliti dapat menyimpulkan bahwa efisiensi tertinggi pada kapasitas air 20 LPM dan diameter nosel 20 mm terdapat pada dengan pembebanan 1500 gram yaitu sebesar 43,83%. Efisiensi terendah terdapat pada diameter 12 mm pada pembebanan 3500 gram yaitu 7,16%. Pada hal ini kapasitas air dan diameter ujung nosel dapat menyebabkan kecepatan aliran meningkat yang berdampak pada putaran turbin ikut meningkat sehingga daya serta efisiensi yang dihasilkan naik namun efisiensi dihasilkan dari perbandingan daya turbin dan daya air kemudian dibagi 100 sehingga nilai efisiensi akan besar jika selisih antara daya turbin dan daya air tidak terpaut jauh jika kecepatan aliran air tinggi maka dapat menyebabkan daya turbin tinggi serta daya air yang tinggi pula.

Dalam penelitian ini daya tertinggi tidak menghasilkan efisiensi tertinggi, hal itu disebabkan karena pembagi pada setiap kapasitas dan tiap diameter ujung nosel berbeda artinya daya input nya berbeda, sehingga pada penelitian ini daya tertinggi tidak menghasilkan efisiensi tertinggi karena efisiensi merupakan perbandingan antara daya input dan daya output. Jika selisih daya input dan data output tidak terpaut jauh maka nilai efisiensi menjadi tinggi.

Namun pada penelitian ini efisiensi yang dihasilkan relatif rendah, hal itu bisa disebabkan oleh beberapa hal yaitu karena jarak pancaran nosel terhadap sudu yang terlalu jauh sehingga tekanan yang diterima oleh sudu menjadi kecil kemudian kemungkinan yang kedua yaitu luas permukaan sudu yang kurang lebar sehingga banyak air yang tidak tertangkap oleh penampang sudu sehingga terjadi kehilangan energi.

## PENUTUP

### Simpulan

Setelah proses pembangunan serta pengujian turbin air pelton ini maka didapatkan simpulan sebagai berikut:

- Daya maksimum dihasilkan pada diameter nosel ujung 8 mm pada pembebanan 5000 gram dan kapasitas 20 LPM yaitu sebesar 2,508 watt sedangkan daya terendah dihasilkan oleh diameter nosel 12 mm pada pembebanan 2500 gram dan kapasitas 16 LPM yaitu sebesar 0,053 Watt .
- Efisiensi paling optimum terdapat pada kapasitas 12 LPM dengan diameter ujung nosel 12 mm pada pembebanan 1000 gram yaitu sebesar 57,51%. Sedangkan efisiensi terendah terdapat pada nosel dengan diameter ujung nosel 12 mm pada kapasitas air 16 LPM yaitu sebesar 6,87% pada pembebanan 2500 gram..

## Saran

Pada proses pembuatan alat serta penelitian turbin air pelton ini masih adanya beberapa kekurangan oleh karena itu penulis ingin memberikan saran agar penelitian selanjutnya bisa lebih baik.

- Perlu adanya penelitian selanjutnya yang membahas tentang jumlah dan bentuk sudu pada turbin air pelton ini untuk menentukan efisiensi terbaik.
- Diharapkan ada penelitian pengembangan mengenai turbin air pelton dengan tetap memperhatikan material serta design yang digunakan.
- Pada penelitian berikutnya disarankan menggunakan jarak semprot nosel <50 mm agar didapatkan tekanan air yang lebih tinggi.
- Disarankan pada penelitian selanjutnya menggunakan sudu dengan luas permukaan yang lebih lebar agar air yang tertangkap lebih banyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M. Pertiwi, & Walujanto (eds.). Dewan Energi Nasional, S. J. (2019). No. Title (S. Outlook Energi Indonesia 2019).
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) studi kasus*.
- Endarti, Hidriani Nur. 2021. *Uji eksperimental pengaruh variasi rasio panjang sudu pengganggu dengan sudu utama setengah lingkaran terhadap kinerja turbin crossflow poros horizontal*. Surabaya.
- Insanto & Adiwibowo, (2017). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Diameter Luar dan Dalam Sudu Setengah lingkaran Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Cross Flow Poros Horizontal*. Surabaya.
- Irawan, Dwi. 2014. "Prototipe turbin pelton sebagai energi alternatif mikrohidro di lampung". Lampung.
- Kelaspintar.2020.<https://www.kelaspintar.id/blog/edutech/fluida-dinamis-dan-azas-kontinuitas-apa-ini-5956/>  
Diakses pada tanggal 21 juli 2021
- Kemendikbud. 2015 *turbin air dan kelengkapan mekanik teknik energi terbaru*. Jakarta.
- Khurmi RS Gupta, JK., 2005, *Text Book of Machine Design Eurasia*. New Delhi.
- Mulyadi, Dkk. 2017. *pengaruh jarak semprot nozzle terhadap putaran poros turbin dan daya listrik yang dihasilkan pada prototipe turbin pelton*. Malang.
- Pratilastiarso, J., & Hamka, M. (2016). *Rancang Bangun PLTMH Menggunakan Turbin Cross-Flow berkapasitas 1 Kw untuk Daerah Terpencil dengan Sumber Air yang Terbatas. 1-7*.
- Putro, Yogi Suryo Setyo., & Pitojo Tri Juwono, Dkk. (2015). "Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) di sungai atei di desa tumbang atei kecamatan senamang

mantikai kabupaten katingan provinsi Kalimantan tengah”.

- Rahmadi, Jodi, Dkk. 2015. *Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Kincir Air Terapung Di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi*. Pontianak.
- Saputra, I Gusti Ngurah. Dkk. 2020. *Pengaruh jumlah sudu pada prototype pltmh dengan menggunakan turbin pelton terhadap efisiensi yang dihasilkan*. Bali.
- Sularso, Kiyokatsu Suga. 2002. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suwachid, 2006, *Ilmu Turbin*, UNS Press, Surakarta.
- Tirono, Mokhammad. (2012). *pemodelan turbin cross-flow untuk diaplikasikan pada sumber air dengan tinggi jatuh dan debit kecil*.
- Tribunnews. 2011. [https:// www.tribunnews.com /tribunners /2011 /04 /04 / membuat-pembangkit- listrik-tenaga-air](https://www.tribunnews.com/tribunners/2011/04/04/membuat-pembangkit-listrik-tenaga-air). Diakses pada tanggal 22 januari 2021.
- Zei, Ferdinandus Balu. 2016. *Karakteristik daya turbin pelton skala mikro dengan variasi bentuk sudu pipa elbow 90° dengan diameter ½” dan ¾”*. Jember.

