

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI KELENGKUNGAN SUDU BERPENAMPANG LENGKUNG POSISI SEJAJAR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN *PELTON*

Yayang Liona

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: yayang.18021@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yaitu dengan memanfaatkan energi terbarukan (EBT). Turbin pelton merupakan turbin yang berputar dengan cara mengubah energi potensial menjadi energi mekanik, Peneliti menggunakan turbin pelton karena memiliki hasil efisiensi yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan daya maksimum dan efisiensi paling optimal. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dengan perbedaan Rasio sudut 120°, 150°, dan 180°. Sudu berjumlah 8 dan terdapat perbedaan Debit sebesar 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s dan 0,003114 m³/s memakai nosel \varnothing 25,4 mili meter memiliki ruang pancaran 50 mili meter dan perbedaan beban. Penelitian ini menghasilkan pada perbedaan rasio sudut 120°, 150°, dan 180° memperoleh (*Pt*) sebesar 12,451 watt pada sudut sudu 180° dengan Debit air 0,003114 m³/s pada beban 30 kilo gram. Efisiensi optimum diperoleh sebesar 41,03% pada rasio sudut 180° serta Debit 0,001854 m³/s pada beban 7 kilo gram.

Kata Kunci: Turbin, *Pelton*, Kelengkungan Sudu, Kinerja Turbin *Pelton*.

Abstract

To reduce dependence on fossil energy, namely by utilizing renewable energy (EBT). Pelton turbine is a turbine that rotates by converting potential energy into mechanical energy. Researchers use the Pelton turbine because it has optimal efficiency results. This research aims to obtain maximum power and optimal efficiency. The method used in this study is an experiment with different angle ratios of 120°, 150°, and 180°. There are 8 blades and there are differences in discharge of 0.001854 m³/s, 0.002005 m³/s, 0.002434 m³/s and 0.003114 m³/s using a nozzle \varnothing 25.4 milli meters has a beam space of 50 milli meters and differences in load. This study resulted in different angle ratios of 120°, 150°, and 180° obtaining (*Pt*) of 12.451 watts at an angle of 180° with a water discharge of 0.003114 m³/s at a load of 30 kg. Optimum efficiency was obtained at 41.03% at an angle ratio of 180° and a discharge of 0.001854 m³/s at a load of 7 kg.

Keywords: Turbine, *Pelton*, Blade Curvature, *Pelton* Turbine Performance.

PENDAHULUAN

Energi termasuk kedalam kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan yang menyebabkan ketergantungan pada energi fosil terus meningkat sehingga pentingnya untuk memanfaatkan energi terbarukan.

Turbin pelton merupakan mesin hidrolis klasik untuk mengubah energi dari aliran sungai menjadi listrik dengan head sedang hingga tinggi. Turbin pelton memiliki lebih dari satu nosel untuk mendapatkan tumbukan air yang memiliki kecepatan tinggi.

Peneliti terdahulu (Fernanda & Adiwibowo, 2021) dengan judul “ Pengaruh variasi diameter ujung nosel terhadap daya dan efisiensi turbin pelton “ Dampak Perbedaan \varnothing Pangkal Nosel Pada Daya dan Efisiensi Turbin *Pelton*”. Penelitian ini memperoleh (*Pt*) terbesar pada Debit 20 Liter Per Menit dengan \varnothing nosel 8 mili meter yaitu 2,508 Watt, Beban 5000 g. Efisiensi optimal

diperoleh pada Debit air 12 Liter Per Menit dengan \varnothing nosel 12 mili meter pada beban 1000 g yaitu sebesar 57,51%.

Peneliti terdahulu (Husein, 2021) dengan judul “Uji Eksperimen Modifikasi Model *Blade* Turbin *Pelton*”. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini membandingkan 3 variasi bentuk sudu untuk mendapatkan performa terbaik.

Sehingga dapat mengetahui variasi turbin *pelton* yang lebih optimal, penulis memvariasikan bentuk sudu menjadi setengah lingkaran agar dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik dan juga sebagai media mengenai energi terbarukan.

METODE

• **Jenis Penelitian**

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen.

• **Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat Penelitian

LAB MEKFLU (mekanika fluida) UNESA.

Waktu Penelitian

Untuk waktu penelitian setelah proposal skripsi di presentasikan dan diaprove

• **Variabel Penelitian**

Variabel Bebas

Variasi rasio sudut 120°, 150°, 180°.

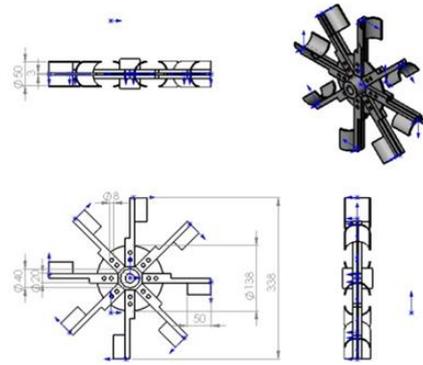
Variabel Terikat

Penelitian ini menghasilkan daya dan efisiensi sebagai variable terikat

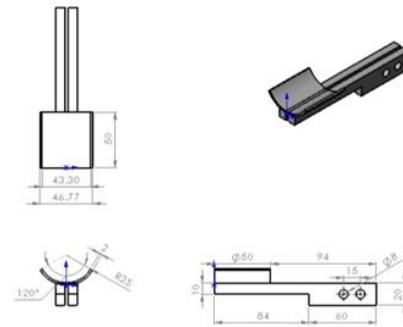
Variabel Kontrol

Berikut variable yang ditetapkan:

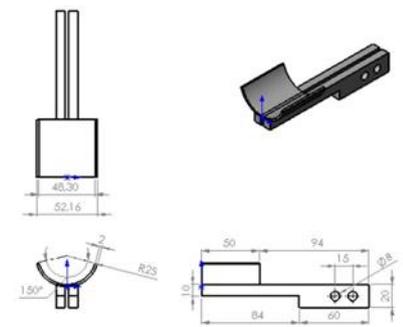
- fluida air.
- Debit air yang diuji 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s dan 0,003114 m³/s.
- Variasi globe valve ditetapkan pada 90°, 100°, 110°, dan 120°.
- Variasi beban pada debit 0,001854 m³/s sebesar 5 kilo gram, 7 kilo gram, 9 kilo gram dan 11 kilo gram.
- Variasi beban pada debit 0,002005 m³/s sebesar 5 kilo gram, 7 kilo gram, 9 kilo gram, 11 kilo gram dan 13 kilo gram.
- Variasi beban pada debit 0,002434 m³/s sebesar 5 kilo gram, 8 kilo gram, 10 kilo gram, 15 kilo gram dan 18 kilo gram.
- Variasi beban saat debit 0,003114 m³/s sebesar 10 kilo gram, 20 kilo gram, 30 kilo gram, 40 kilo gram dan 50 kilo gram.
- Diameter nosel yang ditetapkan pada saat pengujian sebesar 25,4 mili meter, dengan jarak pancaran nosel sebesar 50 mili meter.
- Blade berjumlah 8.



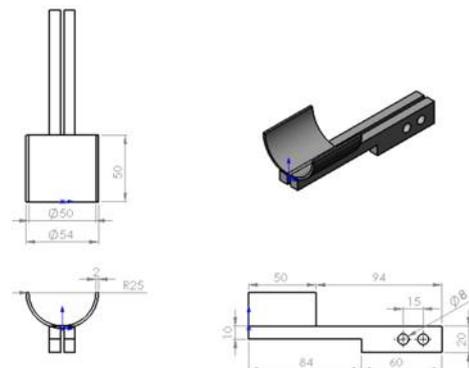
Gambar 1. Geometri Disk



Gambar 2. Rasio sudut 120°



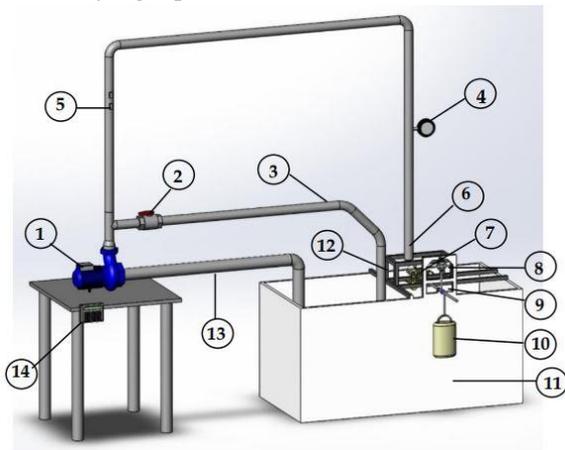
Gambar 3. Rasio sudut 150°



Gambar 4. Rasio sudut 180°

• **Peralatan dan Instrumen Penelitian**

Peralatan yang dipakai:

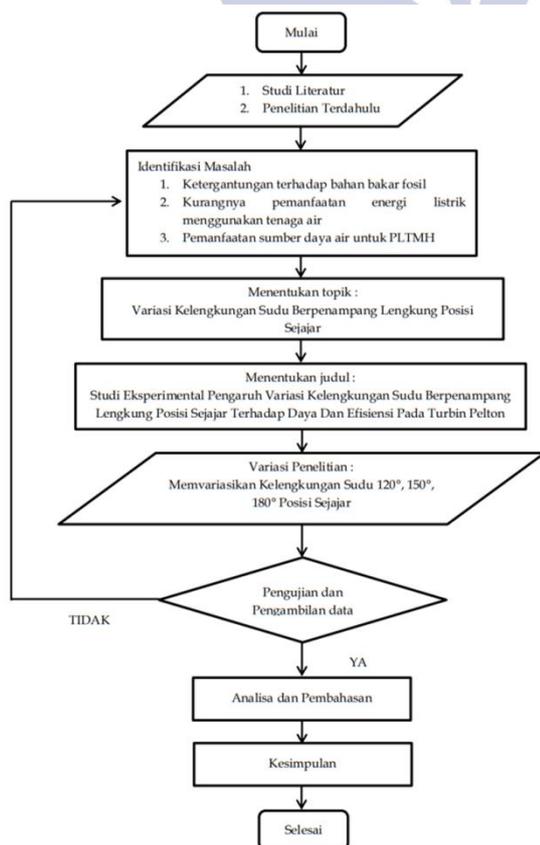


Gambar 5. Desain

Bagian - Bagian:

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. <i>Pump</i> | 8. Neraca |
| 2. <i>Valve</i> | 9. <i>Prony Brake</i> |
| 3. Pipa Pembuangan | 10. Beban |
| 4. <i>Pressure Gauge</i> | 11. <i>Water Tank</i> |
| 5. <i>Transducer</i> | 12. <i>Turbine</i> |
| 6. <i>Nozzle</i> | 13. Pipa Hisap |
| 7. Turbin Pelton | 14. <i>Digital</i> |

• **Flowcart**



Gambar 6. Flocart

• **Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Tujuan yang diungkapkan dalam bentuk hipotesis yang bersifat sementara. Data yang dikumpulkan ditentukan oleh parameter-parameter yang ada dalam hipotesis.

• **Teknik Analisa Data**

Menggunakan alat ukur untuk menghitung data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan di dalam tabel dan grafik agar memperjelas saat menampilkan informasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Hasil Penelitian**

Menggunakan *Digital Flowmeter* untuk mengukur aliran, neraca sebagai alat ukur beban, dan *tachometer* untuk mengukur RPM.

- Luas Penampang Ujung *Nozzle* (A)

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

- Kecepatan Aliran Air (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots 2$$

- Kecepatan Anguler/tangensial (ω)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot 60 \dots\dots\dots 3$$

- Gaya (F)

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots 4$$

- Torsi (T)

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots 5$$

- Daya Turbin (Pt)

$$Pt = T \cdot \omega \dots\dots\dots 6$$

- Daya Air (Pa)

$$Pa = Ek + Pp \dots\dots\dots 7$$

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots 8$$

$$Pp = Q \cdot P \dots\dots\dots 9$$

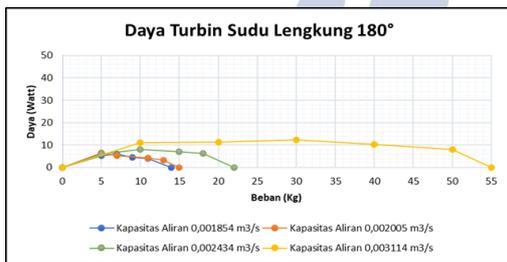
- Efisiensi Turbin

$$\eta = \frac{Pt}{Pa} \cdot 100\% \dots\dots\dots 10$$

Pembahasan
Pengaruh Perbedaan Debit Air Terhadap Daya Pada Sudut 180°

Tabel 1. Tabel Daya variasi Rasio sudut 180°

Daya Turbin Variasi Sudu lengkung 180°					
No	Beban (Kg)	Kapasitas Aliran 0,001854 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,002005 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,002434 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,003114 (m ³ /s)
1	0	0	0	0	0
2	5	5,23126244	6,5964184	6,1478725	
3	7	6,1466	5,19081357		
4	9	4,46713143			
5	10			8,0860	11,1978036
6	11	4,1307948	4,25936186		
7	13		3,22781077		
8	14	0			
9	15		0	7,165586632	
10	18			6,337729737	
11	20				11,4386313
12	22			0	
13	30				12,4517
14	40				10,414651
15	50				8,04083657
16	55				0



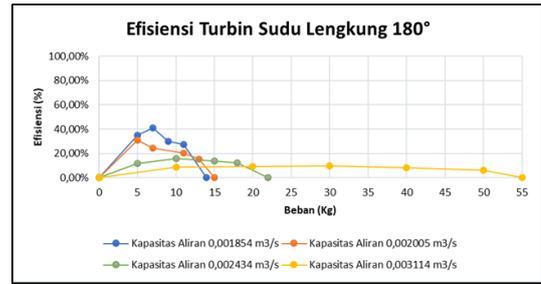
Gambar 7. Garfik Daya Kelengkungan Sudu 180°

Tabel dan grafik diatas menunjukkan hasil turbin pada debit 0,003114 m³/s, beban 30 kg memperoleh daya sebesar 12,45 watt. Dapat disimpulkan bahwa bertambahnya debit air berpengaruh untuk nilai daya. Begitu juga dengan berat beban akan mempengaruhi tekanan yang menabrak pada sudu-sudu turbin.

Pengaruh Perbedaan Debit Air Terhadap Efisiensi Pada Sudut 180°

Tabel 2. Tabel Efisiensi Rasio sudut 180°

Efisiensi Turbin Variasi Sudu Lengkung 180°					
No	Beban (Kg)	Kapasitas Aliran 0,001854 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,002005 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,002434 (m ³ /s)	Kapasitas Aliran 0,003114 (m ³ /s)
1	0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	5	34,92%	31,06%	11,91%	
3	7	41,03%	24,44%		
4	9	29,82%			
5	10			15,66%	8,78%
6	11	27,58%	20,06%		
7	13		15,20%		
8	14	0,00%			
9	15		0,00%	13,88%	
10	18			12,28%	
11	20				8,97%
12	22			0,00%	
13	30				9,76%
14	40				8,08%
15	50				6,24%
16	55				0,00%



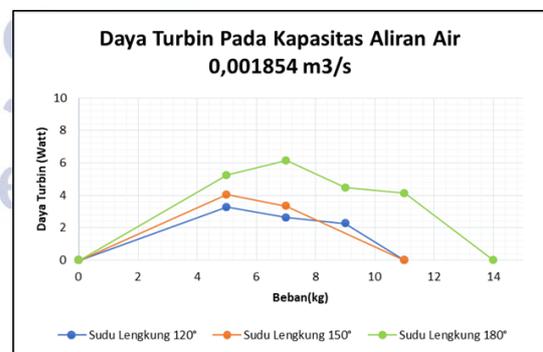
Gambar 8. Garfik Efisiensi Kelengkungan Sudu 180°

Tabel dan grafik diatas menunjukkan hasil turbin pada debit air 0,001854 m³/s, beban 7 kg menghasilkan efisiensi 41,03 %. Dapat disimpulkan bahwa bertambahnya daya turbin yang dihasilkan mempengaruhi hasil efisiensi, semakin tinggi daya maka semakin rendah efisiensinya, begitu juga sebaliknya.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Daya Turbin pada Debit 0,001854 m³/s

Tabel 3. Tabel Daya Turbin Variasi Debit Air 0,001854 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,001854 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0	0	0
2	5	3,257	4,046	5,231
3	7	2,615	3,326	6,146
4	9	2,259		4,467
5	11	0	0	4,13
6	14			0



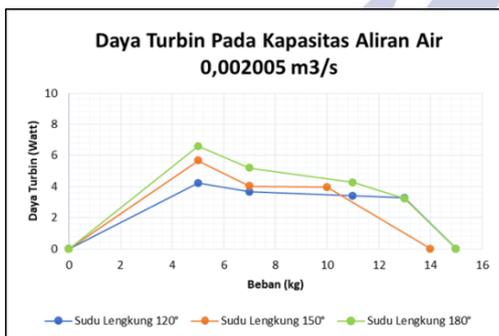
Gambar 9. Grafik Daya variasi Debit Air 0,001854 m³/s

Tabel dan grafik diatas menunjukkan hasil turbin variasi kelengkungan 180° beban 7 kg dengan memperoleh daya maksimum 6,14 watt. Dapat disimpulkan jika pada rasio sudut 180° memperoleh tekanan yang besar dibandingkan dengan variasi kelengkungan sudu lainnya.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Daya Turbin pada Debit 0,002005 m³/s

Tabel 4. Tabel Daya Turbin Variasi Debit Air 0,002005 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0	0	0
2	5	4,216	5,654	6,596
3	7	3,66	4,024	5,19
4	10		3,95	
5	11	3,397		4,259
6	13	3,278		3,227
7	14		0	
8	15	0		0



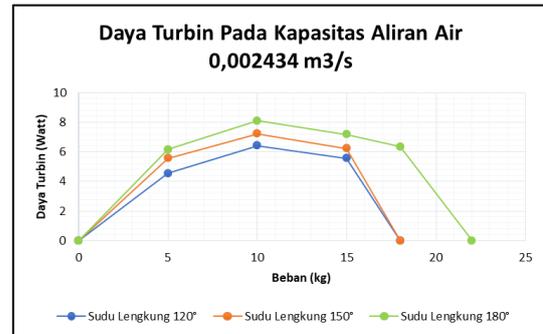
Gambar 10. Grafik Daya Variasi Debit Air 0,002005 m³/s

Dari tabel dan grafik diatas menunjukkan hasil daya pada debit air 0,002005 m³/s Rasio sudut 180° memperoleh daya sebesar 6,59 watt. Dapat disimpulkan pada Rasio sudut 180° menghasilkan tekanan air yang besar dibandingkan pada variasi Rasio sudut yang lain.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Daya Turbin pada Debit 0,002434 m³/s

Tabel 5. Tabel Daya Variasi Debit Air 0,002434 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0	0	0
2	5	4,557	5,561	6,147
3	10	6,424	7,224	8,086
4	15	5,569	6,224	7,165
5	18	0	0	6,337
6	22			0



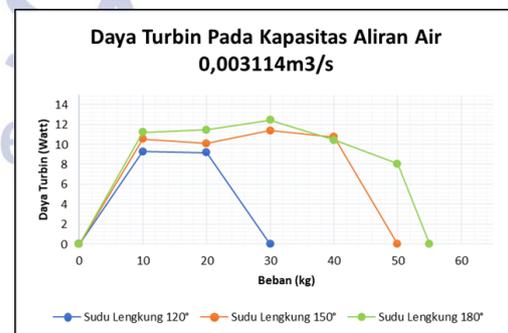
Gambar 11. Grafik Daya Variasi Debit Air 0,002434 m³/s

Dari grafik dan tabel diatas dapat disimpulkan pada Debit air 0,002434 m³/s Rasio sudut 180° memperoleh daya sebesar 8,08 watt. Dapat diketahui pada Rasio sudut 180° menghasilkan tekanan air yang besar dibandingkan pada variasi Rasio sudut yang lain.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Daya Turbin pada Debit 0,003114 m³/s

Tabel 6. Tabel Daya Turbin Variasi Debit Air 0,003114 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0	0	0
2	10	9,26	10,516	11,197
3	20	9,18	10,091	11,436
4	30	0	11,383	12,451
5	40		10,721	10,413
6	50		0	8,04
7	55			0



Gambar 12. Grafik Daya Debit Air 0,003114 m³/s

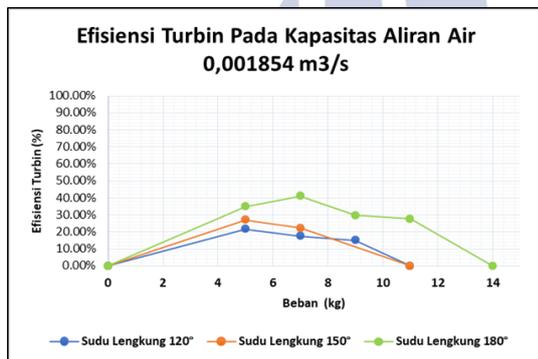
Dari grafik dan tabel diatas dapat disimpulkan semakin besar kapastias air maka berbanding lurus dengan daya turbin yang diperoleh. Torsi yang diperoleh juga bergantung pada pembebanan yang diberikan. Pada penelitian ini, daya turbin maksimal yaiu pada perbedaan Rasio sudut 180° dengan Debit

air 0,003114 m³/s dan beban 30 kilo gram yaitu 12,45 watt.

Pengaruh Perbedaan Rasio sudut Terhadap Efisiensi Turbin pada Debit 0,001854 m³/s

Tabel 7. Tabel efisiensi Debit Air 0,001854 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,001854 m ³ /s (%)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	5	21,75%	27,02%	34,92%
3	7	17,46%	22,21%	41,03%
4	9	15,09%		29,82%
5	11	0,00%	0,00%	27,58%
6	14			0,00%



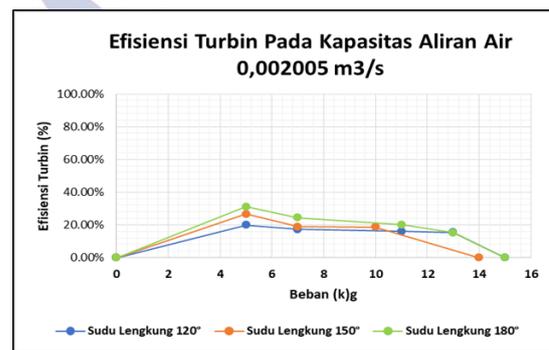
Gambar 13. Grafik Efisiensi Debit Air 0,001854 m³/s

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat turbin variasi Rasio sudut 180° dengan Debit 0,001854 m³/s menghasilkan efisiensi paling besar yaitu 41,03%. Ini bisa terjadi dikarenakan sudu mampu mengoptimalkan tumbukan air dari *nozzle*.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Efisiensi Turbin pada Debit 0,002005 m³/s

Tabel 8. Tabel Efisiensi Turbin Variasi Debit Air 0,002005 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005m ³ /s (%)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	5	19,85%	26,62%	31,06%
3	7	17,24%	18,95%	24,44%
4	10		18,60%	
5	11	16,00%		20,06%
6	13	15,44%		15,20%
7	14		0,00%	
8	15	0,00%		0,00%



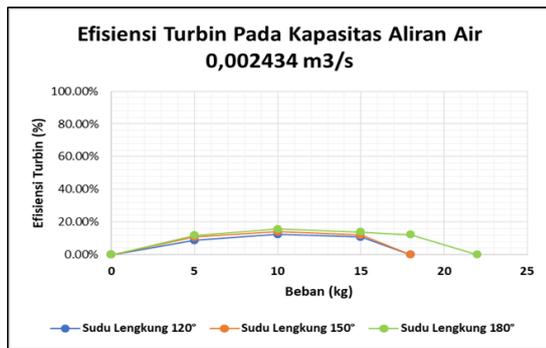
Gambar 14. Grafik Efisiensi Debit Air 0,002005 m³/s

Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan pada turbin variasi Rasio sudut 180° dengan Debit 0,002005 m³/s memperoleh efisiensi 31,06%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perbandingan daya air dan daya turbin yang diperoleh.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Efisiensi Turbin pada Debit 0,002434 m³/s

Tabel 9. Tabel Efisiensi Variasi Debit Air 0,002434 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m ³ /s (%)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	5	8,83%	10,77%	11,91%
3	10	12,45%	14,00%	15,66%
4	15	10,79%	12,06%	13,88%
5	18	0,00%	0,00%	12,28%
6	22			0,00%



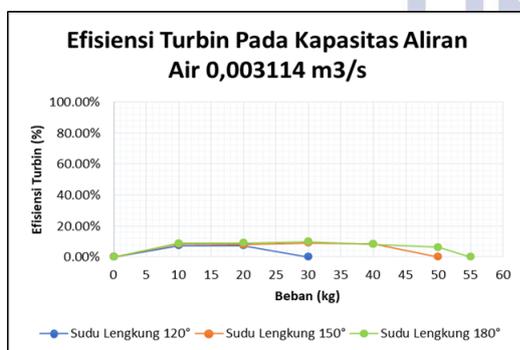
Gambar 15. Grafik Efisiensi Debit Air 0,002434 m³/s

Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan pada turbin variasi Rasio sudut 180° dengan Debit 0,002434 m³/s memperoleh efisiensi 15,66%. Hal ini bisa terjadi karena hasil perbandingan daya turbin dan daya air yang diperoleh naik, menghasilkan efisiensi turun dari pada debit air sebelumnya.

Pengaruh Perbedaan Rasio Sudut Terhadap Efisiensi Turbin pada Debit 0,003114 m³/s

Tabel 10. Tabel Efisiensi Variasi Debit 0,003114 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114m³/s (%)				
No	Beban (kg)	Sudu Lengkung 120°	Sudu Lengkung 150°	Sudu Lengkung 180°
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	10	7,26%	8,24%	8,78%
3	20	7,20%	7,91%	8,97%
4	30	0,00%	8,92%	9,76%
5	40		8,41%	8,08%
6	50		0,00%	6,24%
7	55			0,00%



Gambar 16. Grafik Efisiensi Variasi Debit 0,003114 m³/s

Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil daya turbin dan hasil daya air dapat mempengaruhi efisiensi pada sebuah turbin. Pada penelitian ini variasi Rasio sudut 180° dengan Debit air 0,001854 m³/s dan beban 7 kilo gram menghasilkan efisiensi yang optimum sebesar 41,03%.

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulannya ada 2 yaitu:

- Hasil daya turbin maksimal pada variasi rasio sudut 180° dengan Debit 0,003114 m³/s dan beban 30 kilo gram yaitu 12,451 watt.
- Hasil efisiensi turbin paling optimal pada variasi Rasio sudut 180° dengan Debit 0,001854 m³/s dan beban 7 kilo gram yaitu 41,03%.

Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya adalah:

- Memvariasikan bentuk *blade* pada sudu turbin
- Mengubah kapasitas aliran, variasi pembebanan, dan kecepatan aliran
- Membuat rancangan alat uji turbin *pelton* agar lebih proper dalam segi manufaktur dan juga alat ukur yang digunakan

DAFTAR PUSTAKA

Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nossel PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON. 1–10.

Husen, A. (2021). Uji Eksperimental Bentuk Sudu - Sudu Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Turbin Pelton. 23(2), 11–11.

Irawan, H., Syamsuri, & Q, R. (2018). Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Buka-an Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya Januari, 03(01), 27–31.

Kementerian energi dan sumber daya mineral. (2008). Potensi Energi Baru Terbarukan. Esdm.Go.Id, November, 2–2. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia>.

Kementerian ESDM. (2020). Capaian Kinerja 2019 dan Program 2020. Website Kementerian ESDM, 36. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-capaian-kinerja-2019-dan-program-2020.pdf>.

Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook Of Machine Design (S.I. Units). Machine Design, 1(I), 200.

<https://docs.google.com/file/d/0B7OQo6ncgyFjbW53VEJEclZuSzQ/edit>.

Moleong, L. J. (2014). Metodologi Penelitian Kualitatif. In Territorialização E Caracterização Da População Adscrita Da Equipe De Saúde Da Família 905. Remaja Rosdakarya.

Pritchard, Philip J. and Leylegian, J. C. (2011a). Fox and McDonald's introduction to Fluid Mechanics. Jhon Wiley & Sonc Inc.

Purwanto. (2017). Listrik Dari Mikrohidro Dalam Konteks Pengembangan Energi Terbarukan Di Indonesia. In Pembagkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Sebuah Pihilhan: Belajar dari Koperasi Mekar, Subang.

Triswanto, H., & Adiwibowo, P. H. (2017). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kelengkungan Dengan Sudu Tipe U Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex. Jurnal Teknik Mesin, 5(2), 139–146.

