

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KEDALAMAN SUDU MANGKUK TUNGGAL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

Muhammad Yosi Ammirul Wicaksana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Email : muhammad.19045@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,
Email : priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Keterbatasan energi listrik menjadi permasalahan yang paling mendasar di Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menjadi salah satu pilihan sebagai upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut. Pemilihan turbin pelton didasarkan pada harga yang ekonomis dan tidak membutuhkan head yang tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kedalaman sudu mangkuk tunggal turbin pelton yang memiliki daya dan efisiensi paling optimal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan kedalaman sudu mangkuk sebesar 25 mm, 35 mm dan 45 mm pada turbin pelton. Jumlah sudu sebanyak 8 buah dengan variasi kapasitas air sebesar 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s dan 0,003114 m³/s menggunakan nosel berdiameter 25,4 mm dengan jarak semprot 50 mm. Sedangkan untuk mendapatkan daya dan efisiensi pada turbin pelton digunakan variasi pembebanan sebesar 5 kilogram, 10 kilogram, 15 kilogram dan terus bertambah sampai berhenti. Hasil dari penelitian pada variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm, 35 mm dan 45 mm. Daya terbaik terdapat pada sudu mangkuk tunggal kedalaman 35 mm sebesar 55,00147007 Watt pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s dengan pembebanan 40 kilogram. Sedangkan Efisiensi terbaik pada sudu mangkuk tunggal kedalaman 25 mm sebesar 76,97% pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s dengan pembebanan 10 kilogram.

Kata Kunci: Turbin Pelton, Kedalaman Sudu, Kinerja Turbin Pelton.

Abstract

The limitation of electrical energy is the most basic problem in Indonesia. Micro hydro power plant is an option as an effort to overcome this problem. Pelton turbine selection is based on an economical price and does not require a high head. The purpose of this study is to determine the depth of a single bowl Pelton turbine blade that has the most optimal power and efficiency. This study used an experimental method by varying the depth of the blade bowl by 25 mm, 35 mm and 45 mm in the Pelton turbine. The number of blades is 8 with variations in water capacity of 0.001854 m³/s, 0.002005 m³/s, 0.002434 m³/s and 0.003114 m³/s using a nozzle with a diameter of 25.4 mm with a spray distance of 50 mm. Meanwhile, to get the power and efficiency of the Pelton turbine, a loading variation of 5 kilograms, 10 kilograms, 15 kilograms is used and continues to increase until it stops. The results of research on variations in the depth of single bowl blades 25 mm, 35 mm and 45 mm. The highest power is found in a single bowl blade with a depth of 35 mm of 55.00147007 Watt at a flow capacity of 0.003114 m³/s with a loading of 40 kilograms. While the best efficiency for a single bowl blade with a depth of 25 mm is 76.97% at a flow capacity of 0.001854 m³/s with a loading of 10 kilograms..

Keywords: Pelton Turbine, Blade Depth, Pelton Turbine Performance.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi besar dalam bidang perairan, hal ini dapat dilihat dengan banyaknya wilayah perairan di Indonesia. Namun keterbatasan energi listrik masih menjadi permasalahan yang paling mendasar. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daerah yang masih belum teraliri listrik. Sehingga perlu diciptakan pembangkit listrik yang ekonomis dan ramah lingkungan, sehingga dapat menjangkau daerah terpencil di Indonesia. Menurut (Sugiharto, 2018) Sebagai upaya mendorong optimalisasi energi terbarukan menjadi 23% dari 7% di Indonesia. Diperlukannya pengembangan pada proses pemasangan

hingga perawatan, yang tentunya harus didukung dengan kerja sama semua pihak. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro menjadi salah satu opsi terbaik karena pemanfaatannya yang cocok dengan geografis Indonesia.

Beberapa keuntungan pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro meliputi usia pemakaian hingga 50 tahun, PLTMH adalah teknologi yang ramah lingkungan, tingkat efisiensi yang mencapai 70 hingga 80 persen, salah satu teknologi yang bebas polusi dengan sumber air yang melimpah dan biaya pembuatan yang tergolong murah. Meskipun dengan pembiayaan yang murah namun PLTMH mampu membangkitkan listrik dari 10 Kilo Watt hingga 100 Kilo Watt. Selain itu pemanfaatan PLTMH

juga bisa digunakan pada aliran irigasi, sehingga PLTMH bisa dikembangkan di daerah terpencil sebagai penunjang pembangunan di daerah terpencil di Indonesia, sehingga dengan pembangunan yang maju dapat menunjang segi sosial dan ekonomi masyarakat pedesaan. (Rohermanto, 2007).

Buku “Turbin Impuls” oleh (Mafruddin & Irawan, 2020) menyatakan Turbin Pelton merupakan jenis turbin impuls atau biasa disebut juga dengan turbin tekanan sama. Turbin Pelton adalah salah satu mesin-mesin fluida yang berfungsi untuk merubah atau mengkonversi energi fluida (air) menjadi energi mekanik yang kemudian energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin impuls yang beroperasi pada head atau ketinggian yang sedang sampai head atau ketinggian yang tinggi. Turbin Pelton dapat bekerja (beroperasi) pada head sampai 1800 m. Kapasitas aliran air untuk turbin jenis Pelton relatif lebih sedikit atau kecil jika dibandingkan dengan turbin air lainnya. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu atau mangkok yang digerakkan atau diputar oleh pancaran atau semburan air yang disebarkan dari satu atau lebih alat pengarah atau yang biasa disebut nosel. Turbin Pelton merupakan jenis turbin air impuls yang paling efisien pada head (tinggi jatuh air) yang tinggi.

Turbin pelton yang memanfaatkan head tinggi dengan kapasitas aliran kecil, mampu mengatasi masalah sungai yang ada di daerah terpencil dengan kapasitas aliran kecil. Dalam pemanfaatannya, pompa air dapat dimanfaatkan untuk memberikan energi mekanis kepada runner turbin yang dikopel pada generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Dengan ditambahkan sudut nosel ke arah atas mampu memberikan tambahan pada turbin sampai 39,52%. Dengan adanya peningkatan putaran maka terjadi peningkatan rasio pulley pula. Penggunaan jenis pompa harus diperhatikan pada saat pembuatan pembangkit listrik. Hal ini disebabkan karena kapasitas aliran memiliki pengaruh besar terhadap putaran turbin yang juga memengaruhi putaran generator (Majid et al., 2019).

Turbin pelton disemprot air melalui nosel untuk menggerakannya, maka dari itu diameter nosel sangat memengaruhi daya turbin dan keefisienan turbin. Dalam memudahkan dilakukan penelitian, maka dirancang prototype turbin pelton yang runnernya memiliki diameter 300 mm dengan diameter lingkaran rusuk 10 mm menggunakan sudu yang terbuat dari pipa elbow berdiameter 22 mm. Daya turbin terbaik pada kapasitas aliran 20 liter/menit dengan diameter nosel 8 mm yakni sebesar 2,508 Watt pada pembebanan 5000 gram. Sedangkan nilai efisiensi paling tinggi terdapat pada kapasitas aliran 12 liter/menit dengan diameter nosel 12 mm pada pembebanan 1000 gram yakni sebesar 57,51%. Sedangkan daya dan efisiensi terendah terdapat pada

nosel dengan diameter 12 mm pada kapasitas air 16 liter/menit yakni sebesar 0,053 Watt dan nilai efisiensi sebesar 6,87% pada pembebanan 2500 gram. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian (Fernanda & Adiwibowo, 2021) yang berjudul “Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nosel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton”.

Begitu juga dengan sudu sebagai penerima semprotan air dari nosel sehingga bentuk sudu juga memengaruhi daya dan efisiensi turbin. Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi dan Daya Turbin yang Dihasilkan” menyatakan bahwa adanya pengaruh bentuk sudu terhadap torsi dan daya turbin yaitu Torsi turbin maksimum terjadi pada sudu sendok sayur dengan nilai sebesar 0,555 Nm, lalu torsi kedua pada sudu datar dengan nilai sebesar 0,435 Nm, torsi ke tiga pada sudu setengah silinder dengan nilai sebesar 0,420 Nm, torsi keempat pada sudu sendok nasi dengan nilai sebesar 0,375 Nm dan torsi terendah terjadi pada sudu lengkung dengan nilai sebesar 0,360 Nm. Sedangkan daya turbin maksimum terjadi pada sudu sendok sayur dengan nilai sebesar 5,652 Watt, kemudian daya turbin terbaik kedua terjadi pada sudu sendok nasi nilai sebesar 5,024 Watt, urutan daya turbin terbaik ketiga terjadi pada sudu lengkung dan pada sudu setengah silinder nilai sebesar 4,082 Watt, sedangkan daya turbin terendah terjadi pada sudu datar nilai sebesar 3,297 Watt (Yani, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh (Pramesti, 2018) yang berjudul “Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetic poros horizontal dan vertikal”. Variasi sudut pengarah aliran yang digunakan adalah sudut 5°, 10°, 15° dan variasi kapasitas aliran 50, 70 dan 90 m³/jam. Selain itu, turbin ini menggunakan variasi poros vertikal dan horizontal. Sesuai penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang didapat yakni daya maksimal yang dihasilkan turbin sebesar 1,53 Watt terdapat pada kapasitas aliran 90 m³/jam dengan sudut pengarah aliran 15°. Efisiensi tertinggi sebesar 18% ada pada kapasitas aliran 50 m³/jam dengan sudut pengarah aliran sebesar 15°. Sedangkan perbandingan antara turbin poros vertikal dan horizontal, daya dan efisiensi tertinggi dimiliki oleh turbin poros horizontal.

Dimensi sudu sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja turbin air, salah satunya kedalaman sudu berpengaruh terhadap turbin air kinetik poros vertikal. Dalam penelitian oleh (Fitriansyah et al., 2020) yang berjudul “Pengaruh Kedalaman Sudu Mangkok Terhadap Unjuk Kerja Turbin Kinetik” Hasil penelitian menunjukkan bahwa, kedalaman sudu mangkok memiliki pengaruh terhadap kinerja turbin. Kinerja turbin kinetik terbaik ada pada turbin dengan variasi kedalaman sudu 4 cm, lalu variasi kedalaman sudu 3 cm dan kinerja turbin

paling rendah diperoleh pada variasi kedalaman sudu 2 cm. Kinerja maksimum turbin diperoleh pada variasi kedalaman sudu 4 cm pada kondisi putaran 80 dan kapasitas aliran 65 m³/jam, dengan daya yang dihasilkan sebesar 13,2 watt dan efisiensi sebesar 34,5%.

Telah banyak penelitian terdahulu mengenai turbin air untuk mendapatkan unjuk kerja turbin air yang maksimal, namun masih sedikit yang meneliti tentang pengaruh dimensi sudu pada turbin pelton. Untuk mengembangkan pengetahuan tentang turbin pelton maka penulis berinisiatif membuat sudu mangkuk tunggal pada turbin pelton dengan variasi kedalaman 25 mm, 35 mm dan 45 mm. Diharapkan pada penelitian ini dapat diketahui variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal yang memiliki daya dan efisiensi turbin terbaik. Serta dapat digunakan sebagai media pembelajaran energi baru terbarukan.

METODE

Jenis Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimen. Pada penelitian ini peneliti memvariasikan kedalaman sudu mangkuk tunggal yang memiliki daya dan efisiensi terbaik.

Waktu

Penelitian ini dilakukan setelah proposal skripsi disidangkan dan disetujui hingga segala data dan analisa yang diperlukan terpenuhi.

Tempat

Penelitian dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh Kedalaman Sudu Mangkuk Tunggal Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton” ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida gedung A8 lantai 2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini yaitu efisiensi dan daya dihasilkan oleh turbin pelton dengan variabel bebas kedalaman sudu mangkuk tunggal dengan kedalaman 25 mm, 35 mm dan 45 mm.

Variabel Penelitian

• **Variabel Bebas (Independent)**

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm, 35 mm dan 45 mm.

• **Variabel Terikat (Dependent)**

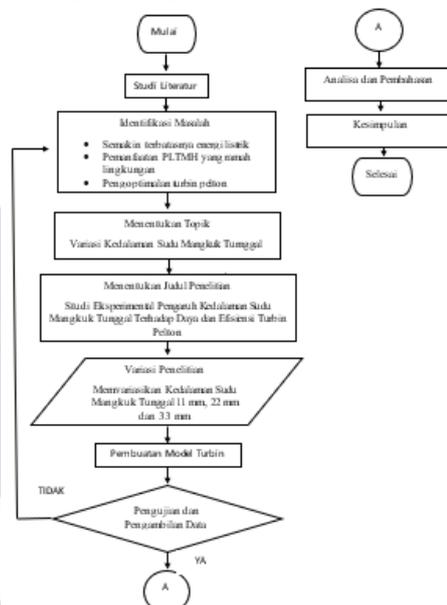
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin pelton.

• **Variabel Kontrol**

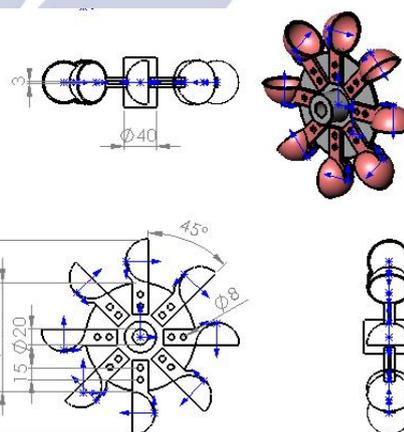
Penelitian ini menggunakan variabel control sebagai berikut :

- Kapasitas aliran air pada bukan katup globe valve 90°, 100°, 110° dan 120°
- Diameter ujung nosel sebesar 25,4 mm dengan jarak semprot nosel 50 mm.
- Pembebanan sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar.
- Menggunakan sudu berbentuk mangkuk tunggal berjumlah 8 buah.

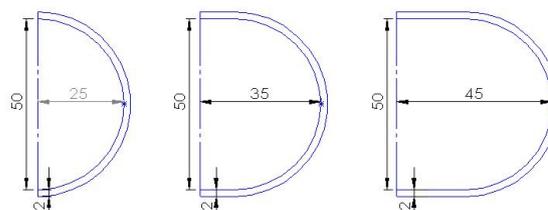
Berikut diagram alir penelitian ini :



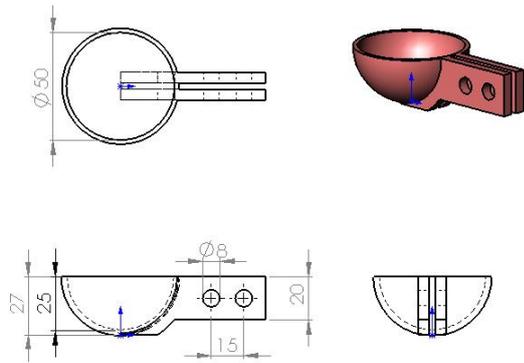
Gambar 1 Alur Penelitian



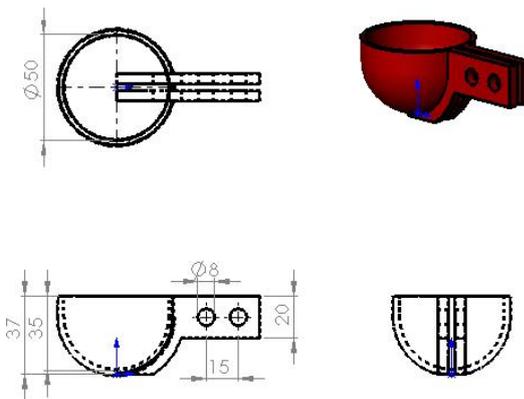
Gambar 2 Desain Runner



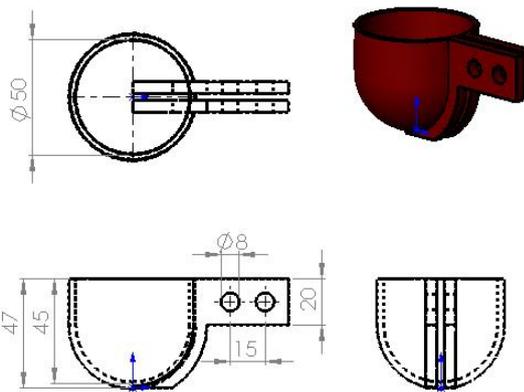
Gambar 3 Variasi Kedalaman Sudu Mangkuk Tunggal



Gambar 4 Sudu Variasi Kedalaman 25 mm



Gambar 5 Sudu Variasi Kedalaman 35 mm



Gambar 6 Sudu Variasi Kedalaman 45 mm

Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini meliputi pengukuran dan perhitungan. Pengukuran kapasitas aliran menggunakan *digital flowmeter*, beban diukur menggunakan neraca, sedangkan putaran turbin diukur menggunakan *tachometer*. Data pengukuran dihitung menggunakan rumus, lalu disajikan dalam bentuk table dan grafik untuk mengetahui perbandingan nilai dalam setiap variasi. Penyajian data dikelompokkan setiap kapasitas aliran untuk melihat perbandingan setiap variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal yang divariasikan pada penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Rumus perhitungan yang digunakan sebagai berikut :

1. Luas Penampang ujung nosel (A)

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

Dengan:

A = Luas penampang nosel (m²).

d = diameter ujung nosel (m).

2. Kecepatan Aliran (v)

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

Dengan:

v = Kecepatan aliran air (m/s).

Q = Kapasitas aliran air (m³/s).

A = Luasan ujung nosel (m²).

3. Daya air (Pa)

$$Pa = Ek + Pp \tag{3}$$

$$Ek = \frac{1}{2} . \rho . A . v^3 \tag{4}$$

$$Pp = Q . P \tag{5}$$

Dengan:

Pa = Daya air (Watt)

Ek = Energi Kinetik (Watt)

Pp = Daya Tekan (Watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³).

A = Luas Ujung *Nozzle* (m²)

v = Kecepatan Aliran (m/s)

Q = Kapasitas aliran turbin (m³/s)

P = Tekanan Air (N/m²)

4. Kecepatan anguler (ω)

$$\omega = \frac{2 . \pi . n}{60} \tag{6}$$

Dengan:

ω = Kecepatan anguler (rad/s).

n = Putaran turbin (rpm).

5. Gaya (F)

$$F = m . g \tag{7}$$

Dengan :

F = Gaya (N)

m = Beban (kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

6. Torsi (T)

$$T = F . r \tag{8}$$

Dengan :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari poros (m)

7. Daya Turbin

$$Pt = T . \omega \tag{9}$$

Dengan :

Pt = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m)

ω = Kecepatan angular (rad/s)

8. Efisiensi Turbin (η)

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\% \quad (10)$$

Dimana:

η = Efisiensi turbin (%)

Pt = Daya turbin (Watt)

Pa = Daya air (Watt)

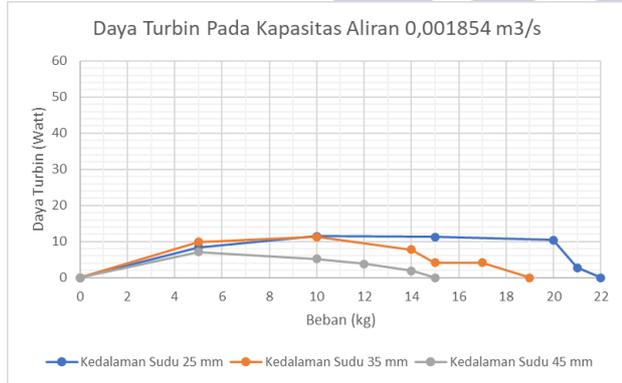
Pembahasan

Data yang didapatkan akan diolah dan disajikan menggunakan tabel dan grafik untuk melihat perbandingan daya dan efisiensi terbaik dari variasi kedalaman sudu mangkuk tunggal turbin pelton. Data dikelompokkan antara daya dan efisiensi turbin, yang disajikan berdasarkan kapasitas aliran air pada setiap variasi bukaan katup.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

Tabel 1 Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0	0	0
2	5	8,379828129	9,907799471	7,129870629
3	10	11,52903589	11,22448989	5,22227371
4	12			3,7642605
5	14		7,733892571	1,877171529
6	15	11,27936983	4,1570529	0
7	17		4,179988057	
8	19		0	
9	20	10,39361714		
10	21	2,793721386		
11	22	0		



Gambar 7 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 7. Daya turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki daya terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 11,52903589 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 22 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 10

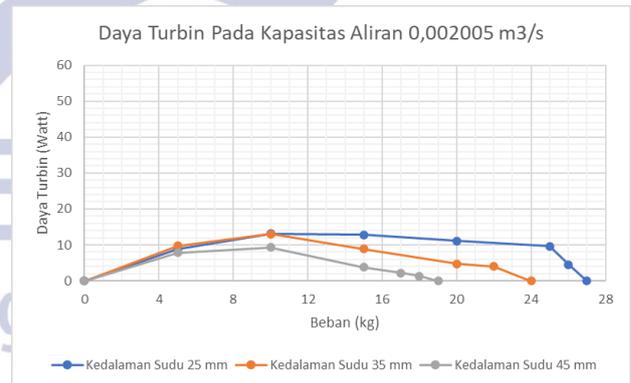
kg menghasilkan daya sebesar 11,22448989 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 19 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 5 kg menghasilkan daya sebesar 7,129870629 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg.

Dari gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa nilai daya terbaik pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 25 mm dan pembebanan 10 kg memiliki nilai daya terbaik yaitu 11,52903589 Watt. Peningkatan kapasitas aliran menyebabkan peningkatan putaran turbin yang menyebabkan daya turbin meningkat pula. Namun terjadi penurunan putaran turbin yang disebabkan oleh peningkatan pembebanan, maka peningkatan gaya dorong oleh air juga dibutuhkan lebih besar.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

Tabel 2 Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0	0	0
2	5	8,833820914	9,759483171	7,786168971
3	10	13,13305809	12,97304297	9,299118557
4	15	12,75996354	8,918144871	3,7466352
5	17			2,2258236
6	18			1,331763557
7	19			0
8	20	11,113531	4,784112771	
9	22		4,010552229	
10	24		0	
11	25	9,660514286		
12	26	4,556114357		
13	27	0		



Gambar 8 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran 0,002005 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 8. Daya turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki daya terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 13,13305809 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 27 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 12,97304297 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 24 kg. Daya

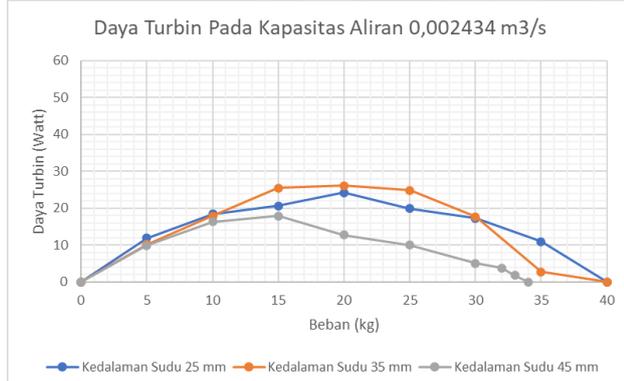
Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 9,299118557 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 19 kg.

Dari gambar 8 dapat disimpulkan bahwa nilai daya terbaik pada kapasitas aliran air 0,002005 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 25 mm dan pembebanan 10 kg memiliki nilai daya terbaik yaitu 13,13305809 Watt. Peningkatan kapasitas aliran menyebabkan peningkatan putaran turbin yang menyebabkan daya turbin meningkat pula. Namun terjadi penurunan putaran turbin yang disebabkan oleh peningkatan pembebanan, maka peningkatan gaya dorong oleh air juga dibutuhkan lebih besar..

.Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

Tabel 3 Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0	0	0
2	5	11,87568391	10,18567629	9,838206086
3	10	18,41581783	17,80515	16,22553601
4	15	20,60882309	25,42729577	17,8420792
5	20	24,17353573	26,0692575	12,70326797
6	25	19,86520329	24,8363258	9,989280086
7	30	17,19324891	17,69470497	5,008959529
8	32			3,727297043
9	33			1,755764214
10	34			0
11	35	10,91192771	2,639512857	
12	40	0	0	



Gambar 9 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 9. Daya turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki daya terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 24,17353573 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 40 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 26,0692575 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 40 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 15 kg menghasilkan daya

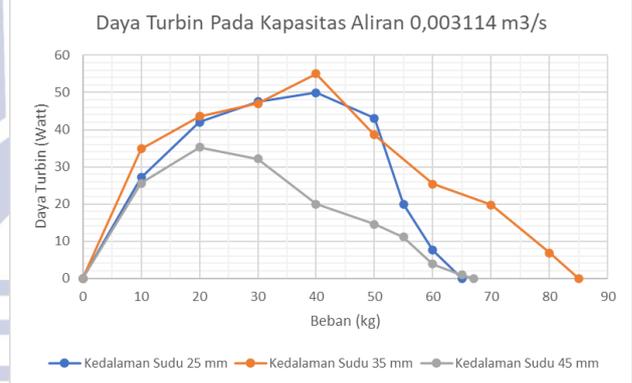
sebesar 17,8420792 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 34 kg.

Dari gambar 9 dapat disimpulkan bahwa nilai daya terbaik pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 35 mm dan pembebanan 20 kg memiliki nilai daya terbaik yaitu 26,0692575 Watt. Peningkatan kapasitas aliran menyebabkan peningkatan putaran turbin yang menyebabkan daya turbin meningkat pula. Namun terjadi penurunan putaran turbin yang disebabkan oleh peningkatan pembebanan, maka peningkatan gaya dorong oleh air juga dibutuhkan lebih besar.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m³/s

Tabel 4 Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m³/s

Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m ³ /s (Watt)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0	0	0
2	10	27,1025627	34,792582	25,55719886
3	20	42,0348133	43,617222	35,22345121
4	30	47,5678622	47,0609898	32,13621463
5	40	49,982856	55,00147007	19,920186
6	50	43,1012462	38,56172414	14,5596968
7	55	19,9859489		11,14460223
8	60	7,5138311	25,41323321	3,769930057
9	65	0		0,865506714
10	67			0
11	70		19,7432136	
12	80		6,8073225	
13	85		0	



Gambar 10 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m³/s

Daya turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 10. Daya turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki daya terbaik pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 49,982856 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 65 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 55,00147007 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 85 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 35,22345121 Watt. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 67 kg.

Dari gambar 10 dapat disimpulkan bahwa nilai daya terbaik pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 35 mm dan pembebanan 40 kg memiliki nilai daya terbaik yaitu 55,00147007 Watt. Peningkatan kapasitas aliran menyebabkan peningkatan putaran turbin yang menyebabkan daya turbin meningkat pula. Namun terjadi penurunan putaran turbin yang disebabkan oleh peningkatan pembebanan, maka peningkatan gaya dorong oleh air juga dibutuhkan lebih besar.

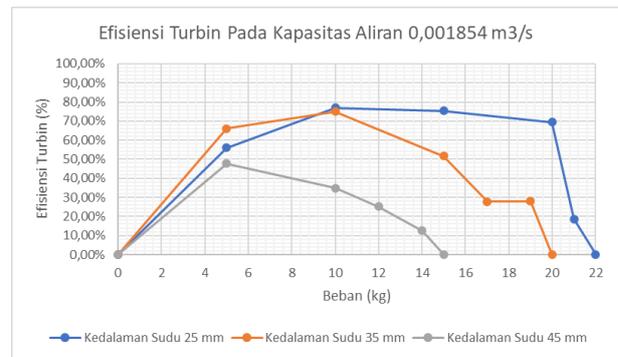
Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Mangkuk Tunggal Terhadap Daya Turbin

Berdasarkan pemaparan sebelumnya menunjukkan bahwa dengan memvariasikan kedalaman sudu mangkuk tunggal turbin pelton poros horizontal dapat memengaruhi daya turbin. Pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s daya terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm pada pembebanan 10 kg dengan daya 11,52903589 Watt. Pada kapasitas aliran air 0,002005 m³/s daya terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm pada pembebanan 10 kg dengan daya 13,13305809 Watt. Pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s daya terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 35 mm pada pembebanan 20 kg dengan daya 26,0692575 Watt. Sedangkan pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s daya terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 35 mm pada pembebanan 40 kg dengan daya 55,00147007 Watt. Pada penelitian ini, dari ketiga variasi kedalaman sudu, daya terbaik terletak pada variasi kedalaman sudu 35 mm dengan kapasitas aliran 0,003114 m³/s pada pembebanan 40 kg dengan nilai daya 26,0692575 Watt. Sudu kedalaman 35 mm memiliki luas penampang lebih besar dari pada sudu 25 mm sehingga gaya tekan yang terjadi pada turbin lebih besar. Pada sudu dengan kedalaman 45 mm memiliki luas penampang yang lebih besar dari kedalaman 25 mm dan 35 mm, namun memiliki lebih jarak antar sudu yang lebih pendek, sehingga air yang disemprotkan oleh nozzle tidak dapat menabrak sudu secara maksimal.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

Tabel 5 Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m ³ /s (%)			
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm
1	0	0,00%	0,00%
2	5	55,94%	66,15%
3	10	76,97%	74,94%
4	12		25,13%
5	14		12,53%
6	15	75,30%	51,63%
7	17		27,75%
8	19		27,91%
9	20	69,39%	0,00%
10	21	18,65%	
11	22	0,00%	



Gambar 11 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

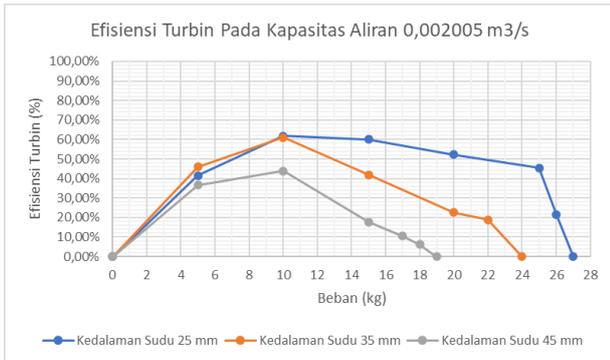
0,001854 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 11. Efisiensi turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki efisiensi terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 76,97%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 22 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki efisiensi turbin terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi sebesar 74,94%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 19 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 5 kg menghasilkan efisiensi sebesar 47,60%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 15 kg.

Dari gambar 11 dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terbaik pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 25 mm dan pembebanan 10 kg memiliki nilai efisiensi terbaik yaitu 76,97%. Dengan kapasitas aliran yang besar, turbin juga memiliki daya yang besar. Namun terjadi penurunan nilai efisiensi yang disebabkan tidak maksimalnya daya air yang masuk pada turbin. Sehingga pada titik tertentu nilai efisiensi ada pada titik puncak dan penurunan.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

Tabel 6 Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m ³ /s (%)			
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm
1	0	0,00%	0,00%
2	5	41,60%	45,95%
3	10	61,84%	61,09%
4	15	60,08%	41,99%
5	17		10,48%
6	18		6,27%
7	19		0,00%
8	20	52,33%	22,53%
9	22		18,88%
10	24		0,00%
11	25	45,49%	
12	26	21,45%	
13	27	0,00%	



Gambar 12 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002005 m³/s

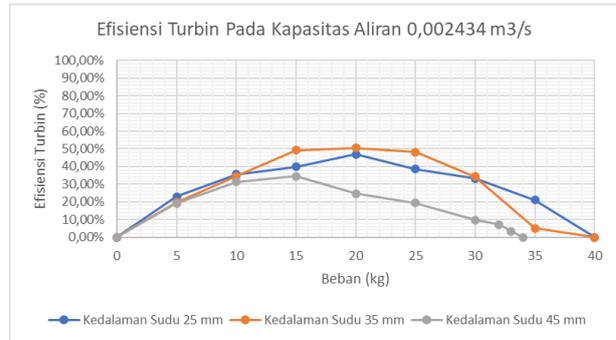
Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002005 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 12. Efisiensi turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki efisiensi terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 61,84%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 27 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki efisiensi turbin terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 61,09%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 24 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 10 kg menghasilkan daya sebesar 43,79%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 19 kg.

Dari gambar 12 dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terbaik pada kapasitas aliran air 0,002005 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 25 mm dan pembebanan 10 kg memiliki nilai efisiensi terbaik yaitu 61,84%. Dengan kapasitas aliran yang besar, turbin juga memiliki daya yang besar. Namun terjadi penurunan nilai efisiensi yang disebabkan tidak maksimalnya daya air yang masuk pada turbin. Sehingga pada titik tertentu nilai efisiensi ada pada titik puncak dan penurunan.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

Tabel 7 Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m ³ /s (%)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	5	23,01%	19,73%	19,06%
3	10	35,68%	34,49%	31,43%
4	15	39,92%	49,26%	34,56%
5	20	46,83%	50,50%	24,61%
6	25	38,48%	48,11%	19,35%
7	30	33,31%	34,28%	9,70%
8	32			7,22%
9	33			3,40%
10	34			0,00%
11	35	21,14%	5,11%	
12	40	0,00%	0,00%	



Gambar 13 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,002434 m³/s

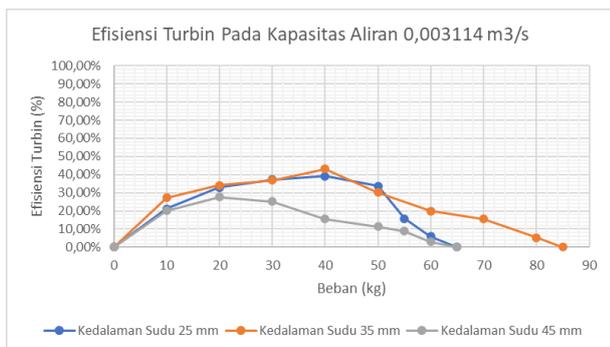
Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 13. Efisiensi turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki efisiensi terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 46,83%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 40 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki efisiensi turbin terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 50,50%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 40 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 15 kg menghasilkan daya sebesar 34,56%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 34 kg.

Dari gambar 13 dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terbaik pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 35 mm dan pembebanan 10 kg memiliki nilai efisiensi terbaik yaitu 50,50%. Dengan kapasitas aliran yang besar, turbin juga memiliki daya yang besar. Namun terjadi penurunan nilai efisiensi yang disebabkan tidak maksimalnya daya air yang masuk pada turbin. Sehingga pada titik tertentu nilai efisiensi ada pada titik puncak dan penurunan.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s

Tabel 8 Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m³/s

Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m ³ /s (%)				
No	Beban (kg)	Kedalaman Sudu 25 mm	Kedalaman Sudu 35 mm	Kedalaman Sudu 45 mm
1	0	0,00%	0,00%	0,00%
2	10	21,25%	27,28%	20,04%
3	20	32,95%	34,19%	27,61%
4	30	37,29%	36,89%	25,19%
5	40	39,19%	43,12%	15,62%
6	50	33,79%	30,23%	11,41%
7	55	15,67%		8,74%
8	60	5,89%	19,92%	2,96%
9	65	0,00%		0,00%
10	67			
11	70		15,48%	
12	80		5,34%	
13	85		0,00%	



Gambar 14 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,003114 m³/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s sesuai yang ditunjukkan pada gambar 14. Efisiensi turbin variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki efisiensi terbaik pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 39,19%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 65 kg. Daya turbin variasi kedalaman sudu 35 mm memiliki efisiensi turbin terbaik pada pembebanan 40 kg menghasilkan daya sebesar 43,12%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 85 kg. Daya Turbin variasi kedalaman sudu 45 mm memiliki daya turbin terbaik pada pembebanan 20 kg menghasilkan daya sebesar 27,61%. Dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 65 kg.

Dari gambar 14 dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi terbaik pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s terdapat pada variasi kedalaman sudu 35 mm dan pembebanan 40 kg memiliki nilai efisiensi terbaik yaitu 43,12%. Dengan kapasitas aliran yang besar, turbin juga memiliki daya yang besar. Namun terjadi penurunan nilai efisiensi yang disebabkan tidak maksimalnya daya air yang masuk pada turbin. Sehingga pada titik tertentu nilai efisiensi ada pada titik puncak dan penurunan.

Pengaruh Variasi Kedalaman Sudu Mangkuk Tunggal Terhadap Efisiensi Turbin

Berdasarkan pemaparan sebelumnya menunjukkan bahwa dengan memvariasikan kedalaman sudu mangkuk tunggal turbin pelton poros horizontal dapat memengaruhi efisiensi turbin. Pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s efisiensi terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm pada pembebanan 10 kg dengan nilai efisiensinya 76,97%. Pada kapasitas aliran air 0,002005 m³/s efisiensi terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 25 mm pada pembebanan 10 kg dengan nilai efisiensinya 61,84%. Pada kapasitas aliran air 0,002434 m³/s efisiensi terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 35 mm pada pembebanan 20 kg dengan nilai efisiensinya 50,5%. Sedangkan pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s efisiensi terbaik dicapai oleh kedalaman sudu mangkuk tunggal 35 mm pada pembebanan 40 kg dengan nilai efisiensinya 43,12%. Pada penelitian ini dari ketiga variasi kedalaman sudu,

efisiensi terbaik terletak pada variasi kedalaman sudu 25 mm dengan kapasitas aliran 0,001854 m³/s pada pembebanan 10 kg dengan nilai efisiensi 76,97%. Efisiensi turbin dipengaruhi oleh daya turbin dan daya air. Ketika daya air besar akan menghasilkan daya turbin yang besar pula. Namun nilai efisiensi didapatkan dari sekecil mungkin daya air yang digunakan untuk menghasilkan daya turbin semaksimal mungkin. Pada variasi kedalaman sudu 25 mm memiliki jarak antar sudu terjauh, sehingga nilai efisiensinya lebih tinggi dari variasi kedalaman sudu 35 mm dan 45 mm.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Sudu mangkuk tunggal kedalaman 35 mm memiliki luas penampang lebih besar dari pada sudu mangkuk tunggal kedalaman 25 mm, sehingga daya yang dihasilkan lebih besar. Sudu mangkuk tunggal kedalaman 45 mm memiliki luas yang lebih besar daripada sudu mangkuk tunggal kedalaman 35 mm dan 25 mm, namun memiliki daya yang lebih kecil karena dengan diameter luar turbin yang sama, sudu mangkuk tunggal 45 mm memiliki jarak antar sudu yang lebih sempit sehingga menyebabkan air yang disemprotkan oleh nozzle tidak dapat menghasilkan daya turbin yang maksimum. Daya maksimum dihasilkan dari pengujian turbin dengan dengan variasi kedalaman sudu 35 mm, yaitu sebesar 55,00147007 Watt dengan pembebanan 40 kg pada kapasitas 0,003114 m³/s.
- Efisiensi turbin dipengaruhi oleh besarnya daya turbin dan daya air. Daya air adalah daya yang diberikan kepada turbin, sedangkan daya turbin adalah daya yang dihasilkan turbin. Prinsip dari efisiensi adalah memaksimalkan daya yang masuk, sehingga efisiensi yang optimum. Ketika daya yang dihasilkan semaksimal mungkin, namun dengan daya masuk seminimal mungkin. Efisiensi yang paling optimum dihasilkan dari turbin dengan variasi kedalaman sudu 25 mm yaitu sebesar 76,97% dengan pembebanan 10 kg pada kapasitas 0,001854 m³/s.

Saran

Untuk mengetahui lebih lanjut tentang karakteristik turbin pelton diperlukan penelitian lebih lanjut tentang analisis proses aliran air yang menabrak sudu mangkuk tunggal pada setiap variasi dan bukaan katup tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bono, & Suwarti. (2019). Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. In *EKSERGI Jurnal Teknik Energi* (Vol. 15, Issue 2).
- Dwiyanto, V., Indriana, D. K., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai) (Vol. 4, Issue 3).
- Elbatran, A. H., Yakoob, O. B., Ahmed, Y. M., & Shabara, Y. M. (2015). Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43, 40–50.
- Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nossel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton.
- Fitriansyah, Wahyudi, S., & Winarto. (2020). Pengaruh Kedalaman Sudu Mangkok Terhadap Unjuk Kerja Turbin Kinetik.
- Irawan, D. (2014). *Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung* (Vol. 3, Issue 1).
- Irawan, H., Syamsuri, & Q, R. (2018). Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya*, 03(01), 27–31.
- Luknanto, D. (2013). *Bangunan Tenaga Air*.
- Mafruddin, & Irawan, D. (2020c). *Turbin Impuls* (1st ed., Vol. 1). CV. LADUNY ALIFATAMA.
- Majid, A., Danus, M., & Yuniarti, E. (2019). Pemanfaatan Pompa Air Sebagai Prime Over Pembangkit Listrik Alternatif Skala Rumah Tangga. *Jurnal Surya Energy*, 3(2).
- Pramesti, Y. S. (2018). Analisa pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin kinetik poros horisontal dan vertikal. *Jurnal Mesin Nusantara*, 1(1), 51. <https://doi.org/10.29407/jmn.v1i1.12296>
- Rohermanto, A. (2007). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) (Vol. 4, Issue 1). <http://www.kompas.com>
- Sugiharto, A. (2018). PLTMH Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif*.
- Yani, A. (2017). Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan. *TURBO*, 6.