

PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU MANGKOK GANDA TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON PADA PLMTH

Dwika Oktaviano

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: dwikaoktaviano.20060@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

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

Abstrak

Kebutuhan energi listrik yang berasal dari energi tidak terbarukan semakin menipis dan belum mampu memenuhi kebutuhan yang ada, oleh karena itu energi terbarukan menjadi salah satu pilihan. Turbin pelton menjadi salah satu pilihan energi terbarukan yang memanfaatkan potensi ketinggian air (*head*) dan menggunakan debit air untuk sumber tenaganya. Dalam penelitian ini untuk mengetahui jumlah sudu terbaik dalam menghasilkan daya terbesar dan efisiensi tertinggi. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan memvariasikan jumlah 8 sudu, 10 sudu, dan 12 sudu. Turbin yang digunakan menggunakan bentuk sudu mangkok ganda dengan variasi aliran air sebesar 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s, dan 0,003114 m³/s. Turbin ini memiliki ukuran nosel 25,4 mm dan jarak semprot 50 mm, Kemudian menggunakan variasi pembebanan kelipatan 5 kg hingga turbin berhenti. Hasil penelitian yang didapatkan dari daya dan efisiensi tertinggi pada variasi 10 sudu mangkok ganda. Daya maksimum pada penelitian ini didapat pada kapasitas debit air 0,003114 m³/s dengan pembebanan 25 kg yaitu sebesar 38,0431 watt dan Efisiensi tertinggi didapat pada kapasitas debit air 0,002005 m³/s dengan pembebanan 15 kg yaitu sebesar 65,42%.

Kata Kunci: Turbin Pelton, Mangkok Ganda, Jumlah Sudu, Kinerja Turbin Pelton.

Abstract

The need for electrical energy derived from non-renewable energy is increasingly depleting and has not been able to meet existing needs, therefore renewable energy is one of the options. Pelton turbine is one of the renewable energy options that utilizes the potential of water level (head) and uses water discharge for its power source. In this study to determine the best number of blades in producing the greatest power and highest efficiency. The method used is an experiment by varying the number of 8 blades, 10 blades, and 12 blades. The turbine used uses a double bowl blade shape with a water flow variation of 0.001854 m³/s, 0.002005 m³/s, 0.002434 m³/s, and 0.003114 m³/s. This turbine has a nozzle size of 25.4 mm and a spray distance of 50 mm, then uses a variation of loading multiples of 5 kg until the turbine stops. The maximum power in this study is obtained at a water discharge capacity of 0.003114 m³/s with a loading of 25 kg, which is 38.0431 watts and the highest efficiency is obtained at a water discharge capacity of 0.002005 m³/s with a loading of 15 kg, which is 65.42%.

Keywords: Pelton Turbine, Double Bowl, Number of Blades, Pelton Turbine Performance.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang dibutuhkan untuk keberlanjutan kehidupan di dunia ini, pemasok utama listrik di Indonesia ialah PT. PLN, Namun kapasitas listrik yang dihasilkan belum mampu memenuhi kebutuhan listrik yang meningkat 7,79 GW setiap tahunnya. (Prasaja dkk., 2016)

Pembangkit listrik tenaga uap menjadi penghasil listrik terbesar di Indonesia, dengan bahan baku energi fosil yang tidak terbarukan dan memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi terbarukan yang mampu menggantikan sumber energi fosil. Dengan demikian beberapa sumber energi terbarukan seperti air, angin, matahari, panas bumi dan sebagainya mampu menggantikan energi tidak terbarukan. (Adiwibowo & Zohri, 2023)

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan debit air (Q) dan ketinggian jatuh air (h) untuk mengoperasikan turbin Pelton. Turbin ini cocok untuk digunakan dalam aliran air seperti irigasi dan sungai, yang umum di Indonesia. Turbin mikro Pelton memiliki kapasitas yang lebih kecil dibandingkan dengan turbin

Pelton standar, dengan rentang kapasitas pembangkit antara 5 kW hingga 50 kW. (Sukamta & Kusmanto, 2013)

Pada penelitian (Apri Wiyono dkk., 2018) dengan dilakukan penelitian mengenai karakteristik bentuk sudu datar dan lengkung, dengan hasil sudu lengkung memiliki daya 0,08 watt lebih besar dibandingkan sudu datar dengan 0,05 watt pada ketinggian 1,5 m, begitu juga pada penelitian (Arifin & Adiwibowo, 2023) melakukan penelitian pengaruh bentuk sudu mangkok tunggal tanpa sekat, sekat satu, dan sekat dua. Sudu dengan satu sekat memiliki daya dan efisiensi lebih tinggi daripada lainnya. Dengan daya 60,089 watt pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s dan efisiensi 76,69 % pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s.

Pada penelitian (Kristanto, 2016) dilakukan penelitian mengenai jumlah sudu dengan variasi 3,5, dan 7 sudu. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan 7 sudu memiliki daya tertinggi dengan 0,227 watt pada kapasitas aliran 30 m³/jam daripada sudu 3 dan 5. Efisiensi tertinggi didapatkan pada variasi 5 sudu dengan 10,14% pada kapasitas aliran 17 m³/jam, Namun pada penelitian lain dengan variasi jumlah sudu 14,16,18. Memiliki daya

tertinggi 14 sudu 112,262 watt dan efisiensi tertinggi pada 28,888 % . (Yani dkk., 2018)

(Adiwibowo dkk, 2022) menjelaskan bahwa Turbin aliran silang banyak digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil karena fleksibilitas relatifnya dalam berbagai head dan debit, sederhana. Namun daya yang dihasilkan relatif kecil dibandingkan turbin pelton, dengan daya tertinggi pada aliran silang sebesar 4,461 watt dengan beban 9000 gram pada kapasitas aliran 18,113 l/s dan efisiensi sebesar 96,20% dengan beban 2000 gram pada kapasitas aliran 11,024 l/s. Hal ini disebabkan karena sudu mampu memanfaatkan aliran air dengan baik menyebabkan mampu menghasilkan daya dorong yang besar dan mampu memutar turbin dengan rpm tinggi dan torsi besar

(Adiwibowo & Wailanduw, 2020) Penelitian dengan menggunakan turbin vortex dengan membutuhkan pusan air yang besar dengan sudu berpenampang bilah lurus. Daya tertinggi yang didapatkan sebesar 44,444 watt pada kapasitas air 12,341 l/s dengan beban 40000 gram dan efisiensi tertinggi dihasilkan pada kapasitas air 10,803 l/s dengan beban 45000 gram sebesar 53,82 %.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menginvestigasi berbagai jumlah sudu dalam turbin. Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat hubungan proporsional antara jumlah sudu dan daya yang dihasilkan oleh turbin: semakin banyak sudu yang digunakan, semakin besar daya yang dihasilkan, namun tidak selalu demikian pada semua kasus. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa daya terbesar dicapai ketika sudu-sudu yang digunakan sesuai dengan karakteristik aliran air, sudut nozzle, dan faktor-faktor lainnya. Ini menunjukkan bahwa jumlah sudu yang optimal bukanlah selalu yang terbanyak, tetapi efisiensi tergantung pada sejumlah faktor seperti debit aliran air, geometri sudu, pengaturan jumlah sudu yang tepat, dan faktor lainnya. Ketidakefektifan dalam penangkapan aliran air oleh sudu-sudu dapat menyebabkan penurunan efisiensi turbin. (Dewangga dkk., 2022)

(Damar Aditama & Heru Adiwibowo, 2023) Telah melakukan penelitian mengenai jarak semprot nosel dengan variasi jarak nozzle yaitu 25mm, 50mm, dan 75mm. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa daya tertinggi tercapai saat menggunakan nozzle dengan jarak semprot 50 mm dan kapasitas aliran 0,003114 m³/s, dengan beban 40 kg menghasilkan daya turbin sebesar 51,197 watt. Efisiensi tertinggi, sebesar 72,49%, dicapai pada beban 10 kg dengan kapasitas aliran yang sama, yaitu 0,003114 m³/s.

(Fernanda & Heru Adiwibowo, 2021) melakukan penelitian mengenai ukuran nosel dengan variasi nosel 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Dengan ukuran nosel awal 32 mm, memiliki daya tertinggi pada 8 mm dengan 2,508 watt pada kapasitas aliran 20 LPM pada beban 5000 gram. Efisiensi Tertinggi didapatkan oleh variasi 12 mm dengan 57,51 % pada kapasitas aliran 16 LPM dengan pembebanan 1000 gram.

Dari beberapa poin tersebut, penulis melakukan penelitian dengan memodifikasi bentuk sudu turbin air

jenis Pelton. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemahaman tentang turbin air, dengan menciptakan prototipe turbin Pelton sudu mangkuk ganda yang menggunakan variasi jumlah sudu, yaitu 8, 10, dan 12 sudu. Tujuan dari perancangan ini adalah menciptakan turbin Pelton yang efektif dan dapat menghasilkan daya yang optimal, sehingga cocok untuk skala kecil. Selain itu, diharapkan bahwa alat ini dapat berfungsi sebagai sarana pembelajaran tentang sumber energi alternatif.

METODE

• Jenis Penelitian

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini, karena untuk menemukan hubungan sebab-akibat antara faktor-faktor yang saling berhubungan.

• Tempat dan Waktu penelitian

Tempat Penelitian

Penelitian turbin Pelton dilaksanakan di gedung A8 Lab. Mekflu milik FT-UNESA.

Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan tanggal 24 Mei 2024,

Variabel Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi tiga variabel, yaitu;

Variabel Bebas

Variasi jumlah sudu mangkok ganda dengan 8 sudu, 10 sudu, dan 12 sudu.

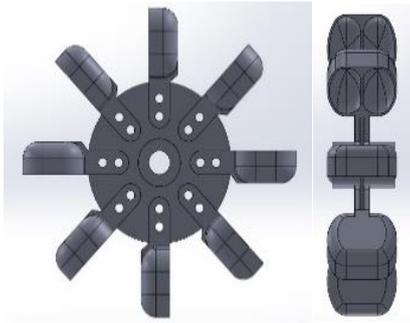
Variabel Terikat

Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah daya dan efisiensi dari turbin Pelton sudu mangkok ganda.

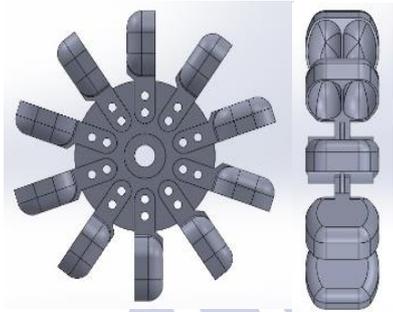
Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrol yang digunakan ialah;

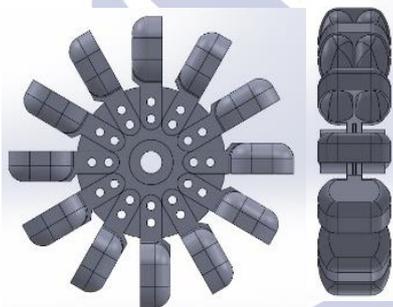
- Fluida yang digunakan adalah air.
- Kapasitas aliran air 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s, dan 0,003114 m³/s
- Ukuran ujung nosel sebesar 25,4 mm dan jarak semprot nosel 50 mm.
- Pembebanan sebesar kelipatan 5kg, dan bertambah hingga turbin berhenti
- Menggunakan ukuran runner berdiameter 136 mm dan tebal 2 mm
- Menggunakan sudu berbentuk mangkok ganda dengan diameter yang sama.



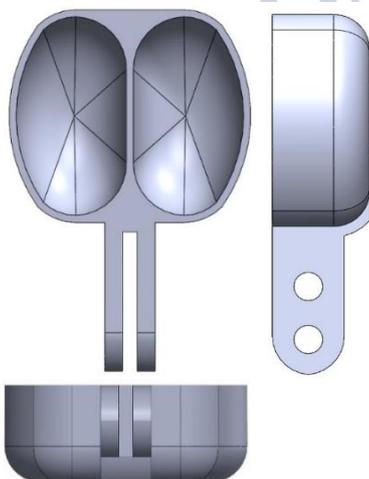
Gambar 2 Variasi 8 sudu



Gambar 1 Variasi 10 sudu



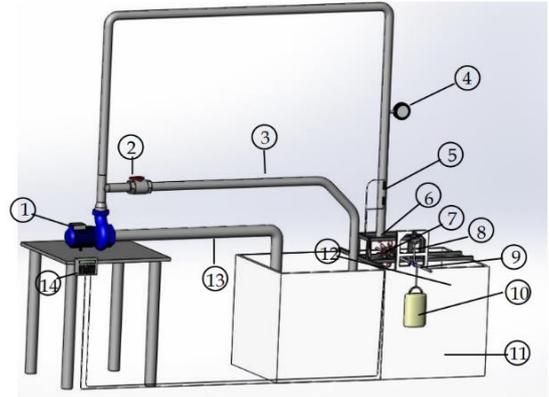
Gambar 3 Variasi 12 sudu



Gambar 4 Bentuk Sudu Mangkok Ganda

• **Peralatan dan Instrumen Penelitian**

Penelitian ini menggunakan skema pembangkit listrik tenaga mikro hidro sebagai berikut;

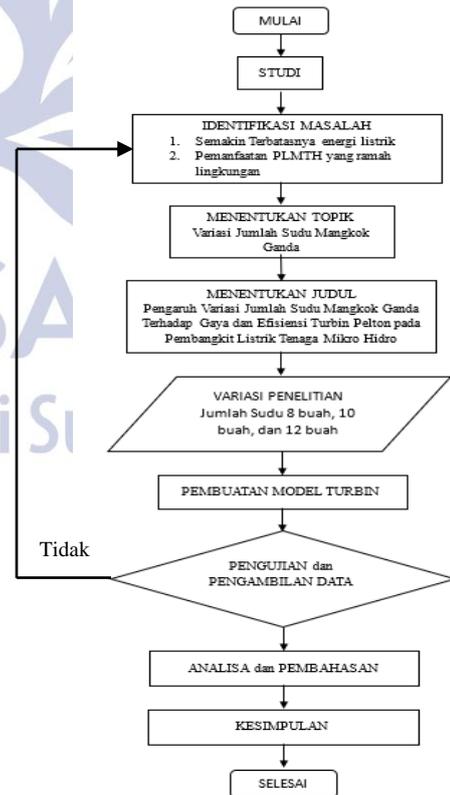


Gambar 5 Skema PLMTH

Keterangan ;

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| 1. Pompa | 8. Neraca |
| 2. Katub | 9. Prony Brake |
| 3. Pipa Pembuangan | 10. Beban |
| 4. Pressure Gauge | 11. Bak Penampung Air |
| 5. Transducer | 12. Rumah Turbin |
| 6. Nossel | 13. Pipa Hisap |
| 7. Turbin Pelton | 14. Digital Ultrasonic Flowmeter |

• **Diagram Alir Penelitian**



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

- **Teknik Pengumpulan Data**
Dalam penelitian ini, data dikumpulkan dengan mengukur atau menguji objek penelitian serta mencatat hasilnya.
- **Teknik Analisa Data**
Data yang telah diambil dan diukur menggunakan perangkat pengukur akan disusun dalam tabel dan dipresentasikan dalam bentuk grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian oleh penulis sebagai berikut :

- Luas Penampang Air (V)

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

A = Luas penampang ujung nozzle (m²)

D = diameter ujung nozzle = 0,0254 m

$$\pi = 3,14$$

Keberadaan nosel dalam perancangan ini sesuai dengan konsep aliran air tertutup, dimana nosel juga berfungsi untuk mengarahkan semprotan air ke sudu dengan lebih cepat dan terarah. Berikut adalah contoh perhitungan luas penampang air/nosel;

$$A = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,02542 \text{ m}^2 = 0,0005065 \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran air (V)

Kecepatan aliran air dipengaruhi oleh debit aliran air dan luas penampang. Dalam penelitian ini, digunakan 4 variasi kapasitas aliran. Berikut adalah persamaan kecepatan aliran air pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran (m/s)

Q = Debit aliran air (m³/s) = 0,001854

A = Luasan ujung nosel = 0,0005065 m²

Contoh perhitungan ;

$$V = \frac{0,001854 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0005065 \text{ m}^2} = 3,67261881 \text{ m/s}$$

- Energi Kinetik (Ek)

Daya yang bekerja pada pipa dengan dorongan dari pompa sentrifugal dihitung menggunakan energi kinetik. Energi kinetik ini dipengaruhi oleh massa jenis fluida dan kecepatannya. Di bawah ini adalah rumusnya untuk kapasitas aliran 0,001854 m³/s:

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Dengan:

Ek = Energi Kinetik (watt)

ρ = massa jenis = 1000 kg/m³

A = Luas ujung nosel = 0,0005065 m²

V = Kecepatan pada aliran = 3,67 m/s.

Maka berikut contoh perhitungannya:

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0005065 \text{ m}^2 \cdot 3,67 \text{ m/s}$$

$$= 12,42 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$= 12,42 \text{ watt}$$

- Daya tekan (Pp)

Daya tekan dihitung berdasarkan data yang terbaca dari pressure gauge dan debit air. Tekanan air dalam pipa diukur secara berurutan pada empat variasi kapasitas aliran. Berikut adalah contoh perhitungan untuk kapasitas aliran 0,001854 m³/s serta persamaan daya tekan yang sesuai:

$$Pp = Q \cdot p$$

Dimana:

Pp = Daya Tekan (watt)

Q = Debit = 0,001854 m³/s

P = Tekanan air = 1378,95 N/m²

Contoh perhitungan:

$$Pp = 0,001854 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1378,9514 \text{ N/m}^2$$

$$= 2,556 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$= 2,556 \text{ watt}$$

- Energi Potensial

Energi potensial didapat dari ketinggian atau jarak nosel dari sudu, perhitungan energi potensial sebagai berikut:

$$Ep = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Dengan:

Ep = Energi Potensial (watt)

Q = 0,001854 m³/s

P = 1000 kg/m³

g = 9,81 m/s²

h = 0,05 m

Contoh perhitungan:

$$Ep = 0,001854 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,909371 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$= 0,909371 \text{ watt}$$

- Daya air total (Pa)

Total daya air merujuk pada daya yang diterapkan pada simulator dengan empat variasi kapasitas aliran. Setiap variasi kapasitas menghasilkan daya yang berbeda-beda, dan total daya air ini digunakan pada setiap variasi turbin. Berikut adalah rumus dan contoh perhitungannya:

$$Pa = Ek + Pp + Ep$$

Dengan:

Pa = Daya Air (Watt)

Ek = Energi Kinetik = 12,42 Watt

Pp = Daya Tekan = 2,556 Watt

Ep = Energi Potensial = 0,909 Watt

Contoh perhitungan:

$$Pa = 12,42 \text{ watt} + 2,556 \text{ watt} + 0,909 \text{ watt}$$

= 15,888 watt

| No | Kapasitas aliran (m ³ /s) | Ek | Pp | Ep | Daya air total (watt) |
|----|--------------------------------------|--------|--------|--------|-----------------------|
| | | (Watt) | (Watt) | (Watt) | |
| 1 | 0,001854 | 12,42 | 2,556 | 0,909 | 15,888 |
| 2 | 0,002005 | 15,70 | 5,529 | 0,983 | 22,220 |
| 3 | 0,002434 | 28,12 | 23,498 | 1,194 | 52,814 |
| 4 | 0,003114 | 58,85 | 68,701 | 1,527 | 129,083 |

Tabel 1. Daya Air Total

• Daya Turbin

Perhitungan daya turbin bertujuan untuk mengetahui daya pada masing-masing varian turbin, mulai dari daya terendah hingga daya tertinggi. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$F = (m \text{ beban} - m \text{ neraca}) \cdot g$$

Dimana :

F = gaya (N)

m (beban) = Massa = 5 kg

m (neraca) = Gaya pada neraca = 2,6 kg

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

perhitungan gaya menjadi :

$$F = (5 \text{ kg} - 2,6 \text{ kg}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 23,52 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= 23,52 \text{ N}$$

• Torsi turbin

Untuk mengetahui besarnya torsi, persamaan berikut dapat digunakan:

$$T = F \cdot r$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Lengan / jari-jari (m)

Contoh perhitungan torsi:

$$T = 23,52 \text{ N} \cdot 0,01 \text{ m} = 0,2352 \text{ Nm}$$

• Kecepatan angular/tangensial (ω)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

Dimana:

ω = Kecepatan angular/tangensial (rad/s)

n = Putaran turbin 155,5 rpm

$$\pi = 3,14$$

contoh Perhitungan:

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 155,5 / 60 = 16,42666667 \text{ rad/s}$$

• Daya turbin (Pt)

Perhitungan mencari daya yang dimiliki turbin dengan rumus sebagai berikut :

$$Pt = T \cdot \omega$$

Dimana :

Pt = Daya turbin (Watt)

T = Torsi 0,2352 Nm

ω = Kecepatan angular = 16,426 rad/s

Dengan 8 sudu berpenampang mangkok ganda kapasitas 0,001854 m³/s dan pembebanan 5 kg, nilai daya turbin dihitung sebagai berikut:

$$Pt = 0,2352 \text{ Nm} \times 16,426 \text{ rad/s}$$

$$= 3,86 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$= 3,86 \text{ watt}$$

• Efisiensi turbin (η)

Gambar 8 Grafik efisiensi pada jumlah 10 sudu

Ada beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menghitung perhitungan efisiensi:

$$\eta = Pt/Pa \cdot 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi turbin

Pt = Daya turbin (Watt) = 8,863552 Watt

Pa = Daya air (Watt) = 15,8882 Watt

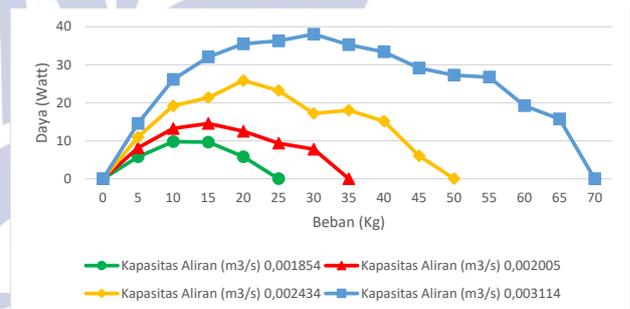
Contoh perhitungan efisiensi:

$$\eta = \frac{3,86 \text{ watt}}{15,88 \text{ watt}} \cdot 100\% = 24,32\%$$

Pembahasan

Selanjutnya, data penelitian yang telah diperoleh disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk menunjukkan perbandingan daya tertinggi dan efisiensi optimal dari ketiga variasi jumlah sudu mangkok ganda.

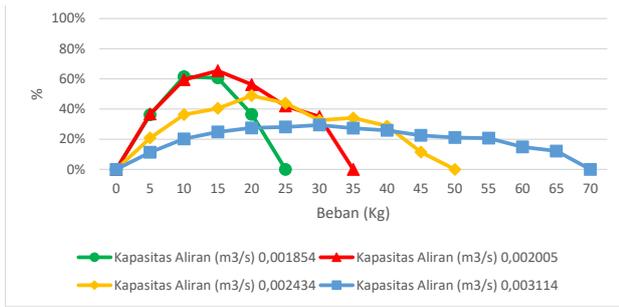
Pengaruh kapasitas aliran Terhadap daya pada 10 sudu



Gambar 7 Grafik daya pada jumlah 10 sudu

Berdasarkan gambar grafik diatas daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s mampu menahan beban hingga 20 kg dan mencapai daya tertinggi pada 10 kg dengan 9,7 watt. Berikutnya daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,002005 m³/s mampu menahan beban hingga 30kg dan mencapai daya tertinggi pada 15kg dengan 14,5369 watt. Selanjutnya daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,002434 m³/s mampu menahan beban hingga 45kg dan mencapai daya tertinggi pada 20kg dengan 25,8368 watt. Kemudian daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s mampu menahan beban hingga 65kg dan mencapai daya tertinggi pada 30 kg dengan 38,0431 watt.

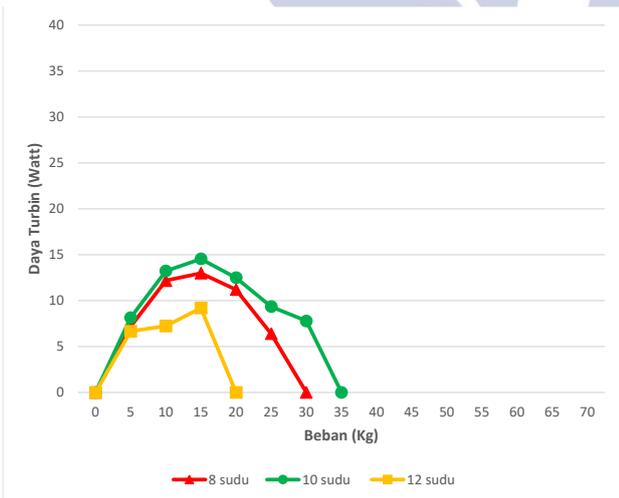
Pengaruh kapasitas aliran Terhadap efisiensi pada 10 sudu



Gambar 8 Grafik Efisiensi pada jumlah 10 sudu

Berdasarkan gambar grafik diatas efisiensi turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s mampu menahan beban hingga 20kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 10 kg dengan 61,55 % . Berikutnya efisiensi 10 sudu pada kapasitas 0,002005 m³/s mampu menahan beban hingga 30 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 15 kg dengan 65,42%. Selanjutnya efisiensi 10 sudu pada kapasitas 0,002434 m³/s mampu menahan beban hingga 45 kg dan mencapai efisiensi tertinggi tertinggi pada 20kg dengan 48,92%. Kemudian efisiensi turbin pada kapasitas 0,003114 m³/s mampu menahan beban hingga 65 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 30 kg dengan 29,47 %.

Pengaruh Jumlah Sudu Mangkok Ganda Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s.

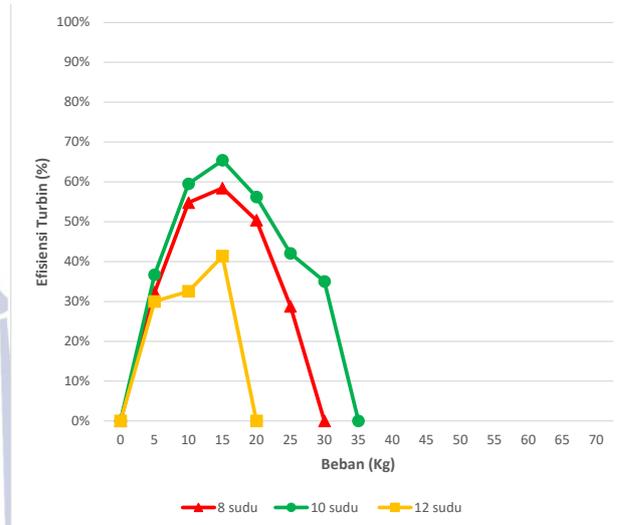


Gambar 9 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s

Berdasarkan gambar grafik diatas daya turbin variasi 8 sudu pada kapasitas aliran 0,002005 m³/s mampu menahan beban hingga 25 kg dan mencapai daya tertinggi pada 15 kg dengan 12,9876 watt. Berikutnya daya turbin variasi 10 sudu mampu menahan beban hingga 30 kg dan mencapai daya tertinggi pada 15 kg dengan 14,5369 watt. Selanjutnya daya turbin variasi 12 sudu mampu menahan

beban hingga 15 kg dan berhenti dengan mencapai daya 9,1923 watt.

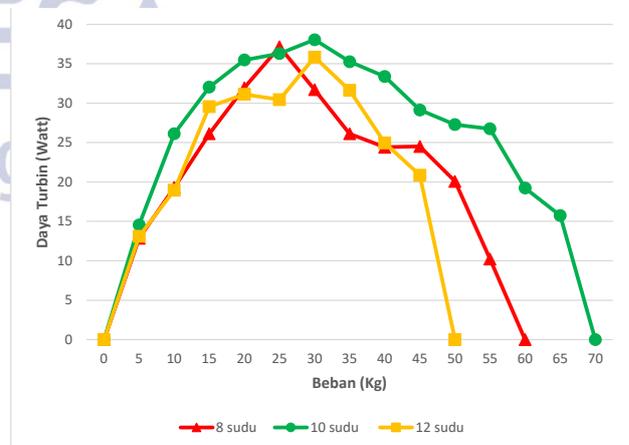
Pengaruh Jumlah Sudu Mangkok Ganda Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s.



Gambar 10 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s

Berdasarkan gambar grafik diatas variasi 8 sudu kapasitas aliran 0,002005 m³/s mampu menahan beban hingga 25kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 15 kg dengan 58,45%. Berikutnya efisiensi turbin variasi 10 sudu mampu menahan beban hingga 30 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 15 kg dengan 65,42%. Selanjutnya efisiensi turbin variasi 12 sudu mampu menahan beban hingga 15 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 15 kg dengan 41,37%.

Pengaruh Jumlah Sudu Mangkok Ganda Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s.

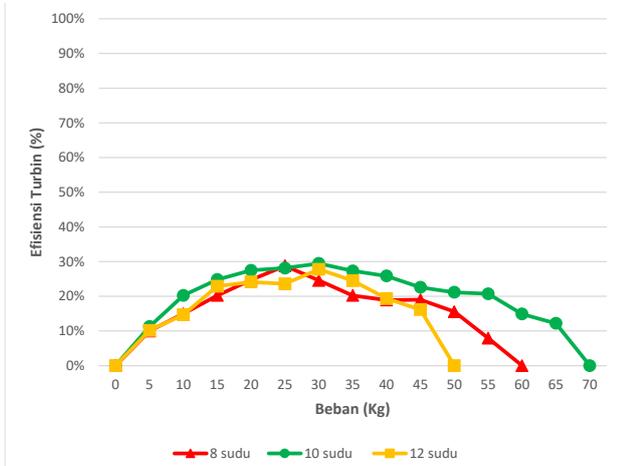


Gambar 11 Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s

Berdasarkan gambar grafik diatas daya turbin variasi 8 sudu pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s mampu menahan beban hingga 55kg dan mencapai daya tertinggi pada 25 kg

dengan 37,1544 watt. Berikutnya daya turbin variasi 10 sudu mampu menahan beban hingga 65 kg dan mencapai daya tertinggi pada 30 kg dengan 38,0431 watt. Selanjutnya daya turbin variasi 12 sudu mampu menahan beban hingga 45 kg dan mencapai daya tertinggi pada 30kg dengan 35,8464 watt.

Pengaruh Jumlah Sudu Mangkok Ganda Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s.



Gambar 12 Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s

Berdasarkan gambar grafik diatas variasi 8 sudu kapasitas aliran 0,003114 m³/s mampu menahan beban hingga 55kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 25 kg dengan 28,78%. Berikutnya efisiensi turbin variasi 10 sudu mampu menahan beban hingga 65 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 30 kg dengan 29,47%. Selanjutnya efisiensi turbin variasi 12 sudu mampu menahan beban hingga 45 kg dan mencapai efisiensi tertinggi pada 30 kg dengan 27,77%.

PENUTUP

Simpulan

Didasarkan pada hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang dilakukan, dapat dibuat kesimpulan berikut:

- Hasil daya tertinggi dalam penelitian ini terjadi pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s dengan beban 25 kg pada turbin yang memiliki 10 sudu, mencapai 38,0431 watt. Jumlah sudu mempengaruhi gaya dorong pada sudu terhadap nosel pada jumlah 8 sudu gaya dorong yang terjadi baik dan sudu mampu menerima gaya dorong air dari nosel, pada jumlah 10 sudu gaya dorong baik dan sudu mampu menerima lebih banyak gaya dorong air dari nosel, sedangkan pada jumlah 12 sudu gaya dorong yang terjadi tidak optimal karena jarak antar sudu yang sempit menyebabkan gaya dorong air dari nosel ke sudu tidak mampu menabrak sepenuhnya.
- Efisiensi tertinggi dalam penelitian ini terjadi pada kapasitas aliran 0,002005 m³/s dengan beban 15 kg

pada turbin yang memiliki 10 sudu, mencapai 65,42%. Daya air dan daya turbin memengaruhi efisiensi turbin. Daya air yang lebih besar menghasilkan daya turbin yang lebih besar, tetapi nilai efisiensi turbin dapat dicapai dengan menggunakan daya air sekecil mungkin, dengan daya air yang kecil maka semakin kecil juga kemungkinan hilangnya gaya dorong air terhadap sudu.

Saran

Dalam penelitian berikutnya, diharapkan peneliti mengukur suhu pada pengambilan data

DAFTAR PUSTAKA

Adiwibowo, P. H., Soeryanto, S., & Kurniawan, W. D. (2022). Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2022 (IJCSE 2022). In *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2022 (IJCSE 2022)*. Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-100-5>

Adiwibowo, P. H., & Wailanduw, A. G. (2020). Experimental Performance of Turbine Reaction Flow Type Straight with Blade Ratio Variation. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(3S), 186–190. <https://doi.org/10.35940/ijtee.c1041.0193s20>

Adiwibowo, P. H., & Zohri, M. (2023). Mathematical Modeling of a Novel PVT-Fin System for Maximum Energy Yield. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 10(5), 1743–1750. <https://doi.org/10.18280/mmep.100525>

Andi Dwi Fernanda, & Priyo Heru Adiwibowo. (2021). PENGARUH VARIASI DIAMETER UJUNG NOSSEL TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON | *Jurnal Rekayasa Mesin*. 06, 1–2. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/42542>

Apri Wiyono, Ghani Heryana, Widodo Rahayu, Aji Putro Prakoso, E. T. B. (2018). Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1), 87–90.

Arifin, M., & Adiwibowo, P. H. (2023). *Studi Eksperimental Pengaruh Sekat Sudu Berpenampang Mangkuk Tunggal Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Pelton*.

Damar Aditama, H., & Heru Adiwibowo, P. (2023). *Pengaruh Variasi Jarak Nozzle Terhadap Daya dan Efisiensi Pada Turbin Pelton STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JARAK NOZZLE TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN PELTON*.

Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., & Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit

- Listrik Tenaga Air. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 71-76.
<https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p71-76>
- Kristanto, B. (2016). Analisa pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin kinetik tipe poros vertikal. *Artikel Skripsi Universitas Nusantara PGRI Kediri*.
- Prasaja, J. D., Hermawan, H., & ... (2016). Analisis perbandingan metode logika fuzzy dan logika fuzzy clustering pada proyeksi kebutuhan energi listrik di indonesia sampai tahun 2025. *Transient: Jurnal Ilmiah ...*, 1-8.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/12031%0Ahttps://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/viewFile/12031/11683>
- Sukamta, S., & Kusmanto, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(2), 58-63.
- Yani, A., Susanto, B., & Rosmiati, R. (2018). Analisis Jumlah Sudu Mangkuk Terhadap Kinerja Turbin Pelton Pada Alat Praktikum Turbin Air. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2), 185-192.
<https://doi.org/10.24127/trb.v7i2.805>
- Kristanto, B. (2016). *Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Tipe Poros Vertikal*. Kediri: Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Mafruddin, Irawan, R. M., Setiawan, N., Rajabiah, N., & Irawan, D. (2019). Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(2), 214-218.
 Doi: <https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1076>
- Reyes, G. (2019). Analisis kebutuhan listrik dan penambahan pembangkit listrik. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Rohermanto, A. (2007). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Vokasi*, 4(1), 28-36.