

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU BERPENAMPANG SEGITIGA TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN PELTON

Mochamad Riko Juliano

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : mochamad.19012@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo

Prodi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Pembangkitan energi listrik tenaga konvensional makin hari makin terancam karena sumber energi konvensional makin lama makin menipis. PLTMH adalah solusi dalam mengatasi kelangkaan sumber energi konvensional. Pelton adalah jenis turbin dari PLTMH penggunaan head yang tidak terlalu tinggi harganya yang ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah sudu segitiga turbin pelton yang memiliki daya dan efisiensi paling optimal. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu memvariasikan jumlah sudu yakni 10, 12, dan 14 buah pada turbin pelton bersudu segitiga 110° . Menggunakan diameter ujung nozzle 8 mm dengan jarak 50 mm, dan variasi kapasitas aliran air pada bukaan katup globe valve yaitu $0,001854 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,002005 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,002434 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,003114 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan untuk variasi pembebanan yaitu 5 kg, 10 kg, dan 15 kg dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar. Berdasarkan pengujian dan perhitungan data hasil penelitian. Daya tertinggi terdapat pada sudu 12 buah yaitu 46,26 Watt pada kapasitas aliran air $0,003114 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan pembebanan 25 kg. Sedangkan untuk efisiensi terbaik juga pada sudu 12 buah yaitu 72,22% pada kapasitas aliran air $0,001854 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan pembebanan 10 kg

Kata kunci: Turbin Pelton, Sudu Segitiga, Jumlah Sudu, Kinerja Turbin Pelton.

Abstract

The generation of electricity from conventional energy sources is increasingly threatened as these resources diminish over time. Small-scale hydroelectric power plants (PLTMH) offer a solution to address the scarcity of conventional energy sources. Among PLTMH turbines, the Pelton turbine stands out for its economical use in low-head applications. The aim of this research is to determine the optimal number of triangular blades for Pelton turbines to achieve maximum power output and efficiency. The study employs an experimental method by varying the number of blades (10, 12, and 14) on a 110° triangular-blade Pelton turbine. The experiment uses an 8 mm diameter nozzle with a 50 mm distance, and varies water flow rates through a globe valve opening: $0.001854 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.002005 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.002434 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.003114 \text{ m}^3/\text{s}$. Additionally, load variations include 5 kg, 10 kg, and 15 kg increments until turbine stoppage. Based on test results and data analysis, the highest power output, 46.26 Watts, was achieved with 12 blades at a water flow rate of $0.003114 \text{ m}^3/\text{s}$ and a load of 25 kg. Similarly, the best efficiency, 72.22%, was also observed with 12 blades at a water flow rate of $0.001854 \text{ m}^3/\text{s}$ and a load of 10 kg.

Keywords: Pelton Turbine, Triangular Blade, Number Of Blades, Pelton Turbine Performance.

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi terpenting dalam kehidupan manusia. Hampir semua kehidupan manusia didukung oleh penggunaan alat energi listrik. Seiring perkembangan jaman, pembangkitan energi listrik terus menerus dikembangkan guna untuk meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Tenaga listrik adalah komponen penting untuk pengembangan nasional secara keseluruhan. Banyak negara dan komunitas telah beralih ke sumber daya yang berkelanjutan karena permintaan energi terbarukan yang meningkat (Adiwibowo & Zohri, 2023).

Saat ini, energi fosil gas dan minyak masih menjadi sumber daya energi di Indonesia. Untuk memungkinkan ekonomi beroperasi, setiap wilayah harus memiliki pasokan listrik. (Adiwibowo dan Wailanduw, 2019). Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, kapasitas pembangkit listrik di Indonesia adalah 64.843 MW, yang mana hampir 88% pembangkitan listrik bersumber dari energi konvensional. Untuk menghadapi kelangkaan energi di masa depan, maka perlunya mengembangkan pembangkitan listrik yang bersumber dari energi alternatif, salah satunya pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Dengan adanya PLTMH, efek krisis energi akibat populasi

manusia yang makin hari makin meningkat akan menurun. PLTMH memanfaatkan konversi energi kinetik, khususnya dalam bentuk kecepatan dan tekanan air, untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik guna menghasilkan energi listrik (Solihat, 2020).

Dalam sistem PLTMH terdapat 3 komponen paling penting yaitu air, generator dan turbin untuk menghasilkan energi listrik. Indonesia memiliki sumber daya air yang sangat berpotensi untuk menghasilkan energi, dengan potensi 75.861 MW untuk pembangkit listrik tenaga air, termasuk sumber daya air mikro dan mini. Aliran air akan memutar turbin dan terjadilah energi mekanik yang diteruskan generator yang mana akan menghasilkan energi listrik. Turbin dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: turbin impuls dan turbin reaksi. Jurnal Energi yang diterbitkan oleh MHP mendefinisikan mikrohidro sebagai sistem yang memanfaatkan daya sumber air skala kecil. Mikrohidro mengacu pada PLTA skala kecil. “Pembangkit listrik tenaga air ini memanfaatkan irigasi atau aliran alami sungai untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik.” (Adiwibowo, Kurniawan & Soeryanto, 2022).

Turbin merupakan komponen penting dari PLTMH. Fungsi utamanya adalah mengubah energi kinetik dari aliran air menjadi energi mekanik, yang selanjutnya memutar poros. Putaran poros ini berfungsi sebagai tenaga penggerak bagi generator, yang memungkinkan produksi listrik. Pada PLTMH, turbin yang sering digunakan adalah turbin impuls yaitu turbin turgo dan turbin pelton. Adapun penelitian dengan menguji perbandingan daya dan efisiensi antara turbin turgo dan pelton dengan diameter luar turbin sama, jumlah sudu yang dipakai sama-sama 20 buah sudu, bukaan *nozzle* yang sama yaitu 25%, 50%, 75%, 100%. Dengan menggunakan struktur komponen pengujian yang sama, didapatkan hasil antara turbin turgo dan pelton terbesar adalah pada turbin pelton dengan daya 97,5 W dan tingkat efisiensi mencapai 10,75%. (Ramaputra & Haurissa, 2022) berjudul “Analisa Kinerja Turbin Turgo Dan Turbin Pelton Skala Laboratorium”.

Penelitian (Prasetyo & Adiwibowo, 2021) berjudul “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Sudu Berpenampang Segitiga Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal” dengan variasi sudut sudu 80°, 90°, 100°, 110°, dengan menggunakan “jumlah sudu 6 buah dan variasi kapasitas aliran air 9,855 L/s, 11,804 L/s dan 14,320 L/s, didapatkan hasil efisiensi maksimum pada sudut 110° pada kapasitas 11,804 L/s sejumlah 77,14% menggunakan pembebanan 6500 g serta mempunyai pembebanan hingga 9500 g”.

Penelitian (Aditama & Adiwibowo, 2023) berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jarak Nozzle Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton”

dengan “memvariasikan jarak *nozzle* sebesar 25 mm, 50 mm dan 75 mm pada turbin pelton, sudu yang digunakan berbentuk mangkuk dengan jumlah 8 buah, menggunakan variasi kapasitas air sebesar 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s dan 0,003114 m³/s dan pembebanan sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg dan sampai turbin berhenti. Daya tertinggi didapat pada jarak *nozzle* 50 mm sebesar 51.19743703 Watt dengan kapasitas air 0,003114 m³/s pada beban 40 kg dan efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s pada beban 10 kg dengan nilai efisiensi 72,49%”.

Dalam penelitian (Rama dkk, 2019) yang berjudul “Analisis Dan Perbandingan Segitiga Kerja: Turbin Sudu Setengah Lingkaran, Sudu. segitiga Dan Sudu Sirip Untuk Menghasilkan Rpm Yang Tertinggi”, dengan membandingkan antara ketiga jenis sudu tersebut, dengan posisi *nozzle* 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75% dan sudut *nozzle* 25%, 15%, 10% 5%, 0% yang diberlakukan sama untuk ketiga jenis sudu tersebut, didapatkan hasil bahwa sudu segitiga untuk lebih stabil dalam putaran kincir yang dihasilkan dalam variasi posisi *nozzle* dan sudut *nozzle* yang bervariasi.

Berdasarkan penelitian (Niharman dkk, 2021) berjudul “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan” dengan variasi jumlah sudu sebanyak 9 dan 12 sudu. Dengan melakukan pengujian pembebanan pada turbin dihasilkan bahwa jumlah sudu 12 memiliki pengukuran nilai terbaik, dimana putaran rotor maksimal adalah 714,5 rpm dengan efisiensi sebesar 79%, sementara sudu 9 hanya menghasilkan putaran poros maksimal 698,2 rpm dengan efisiensi sebesar 71%.

Meskipun beberapa mahasiswa telah meneliti cara meningkatkan efisiensi turbin Pelton, penelitian tentang dampak variasi jumlah bilah pada daya dan efisiensi turbin ini masih terbatas. Untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang turbin air, penulis secara proaktif melakukan penelitian dengan membangun turbin Pelton dengan jumlah bilah yang berbeda dan bentuk bilah segitiga, yang biasanya digunakan dalam turbin Pelton. Tujuannya adalah untuk mengembangkan turbin Pelton yang sangat efisien dalam hal desain dan daya keluarannya, dengan tujuan untuk memanfaatkannya untuk tujuan pendidikan dan inovatif di bidang sistem tenaga air skala kecil yang menggunakan turbin Pelton.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian memakai metodologi eksperimental untuk menyelidiki hubungan kausal atau pengaruh variabel yang saling berhubungan. Peneliti memanipulasi jumlah sendok segitiga untuk menentukan daya dan efisiensi optimal

dalam percobaan ini. Pekerjaan ini dilakukan dengan pengaturan yang dikalibrasi secara cermat dan menggunakan instrumen yang dikalibrasi secara tepat.

Tempat Penelitian

Penelitian berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang Segitiga Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Pelton Poros Horizontal” ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida gedung A8 lantai 2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Waktu Penelitian

Penelitian setelah selesainya sidang proposal tesis dan persetujuan proposal berikutnya, dengan memastikan semua data dan persyaratan analitik terpenuhi.

Variabel Independen (Bebas)

Dalam penelitian ini, variabel bebas yakni variasi jumlah sudu sebanyak 10, 12 dan 14 buah.

Variabel Dependen (Terikat)

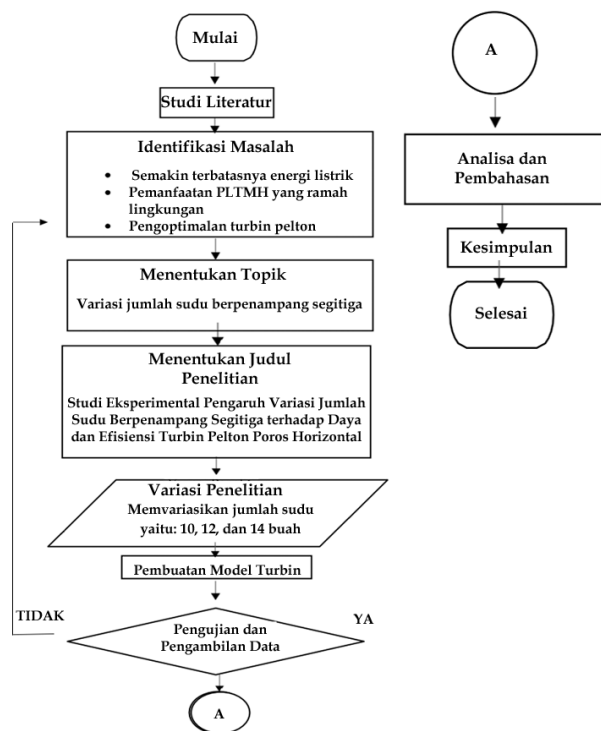
Penelitian ini berfokus pada pengukuran daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin Pelton yang dilengkapi bilah segitiga, yang merupakan variabel dependen.

Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dijaga pada tingkat yang konstan guna mencegah pengaruh dari luar yang tidak diteliti yang dapat mempengaruhi hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat (Sugiyono, 2013). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

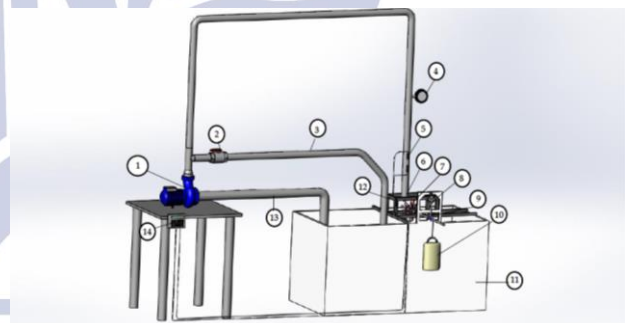
- “Fluida kerja yang digunakan adalah air.
- Kapasitas aliran air $0,001854 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,002005 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,002434 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,003114 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Diameter ujung *nozzle* sebesar 8 mm dengan jarak semprot *nozzle* 50 mm.
- Pembebanan sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg, dan 20 dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar.
- Menggunakan *runner* berdiameter 246 mm.
- Menggunakan sudu berbentuk segitiga dengan variasi jumlah sudu yaitu 10, 12, 14 buah dan sudut sudu 110° .

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Peralatan Eksperimen dan Instrumen Penelitian



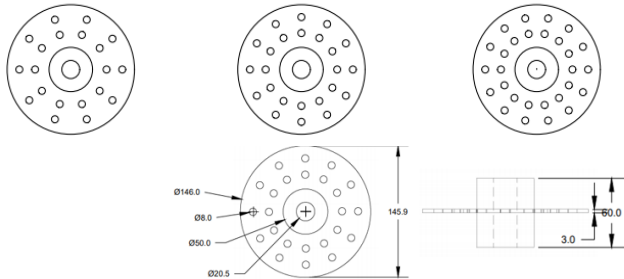
Gambar 2. Prototype turbin pelton

Keterangan :

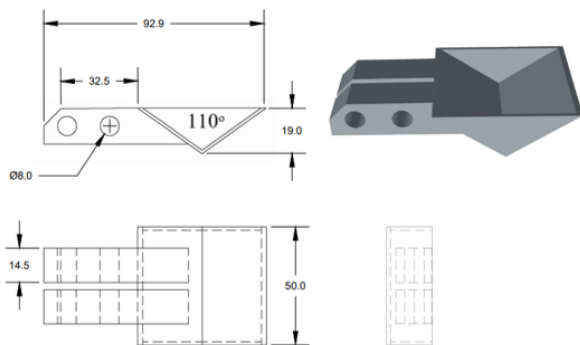
- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| 1. Pompa | 8. Neraca |
| 2. Globe Valve | 9. Prony Break |
| 3. Pipa Pembuangan | 10. Beban |
| 4. Pressure Gauge | 11. Bak penampung air |
| 5. Transduser | 12. Rumah turbin |
| 6. Nozzle | 13. Pipa Hisap |
| 7. Turbin Pelton | 14. Digital ultrasonic flow meter |



Gambar 3. Variasi runner



Gambar 4. Runner



Gambar 5. Sudu

Pengambilan Data

Pengumpulan data meliputi prosedur pengukuran dan perhitungan selanjutnya. “Kapasitas aliran air ditentukan dengan flowmeter digital, beban diperiksa menggunakan neraca, dan putaran turbin diukur menggunakan tachometer.” Data pengukuran dimasukkan ke dalam rumus yang berada pada Microsoft excel setiap variasi dan foto didokumentasikan untuk bukti arsip. Penyajian data disajikan sesuai variasi pada setiap kapasitas aliran air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Penampang Air (A)

“Luas penampang aliran pada turbin Pelton ditentukan dengan menghitung luas penampang ujung nosel, yang memiliki diameter 1 inci. Luas penampang dapat ditentukan memakai persamaan berikut:

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

A = Luas penampang ujung *nozzle* (m²)

D = diameter ujung *nozzle* = 0,0254 m

$\pi = 3,14$

contoh perhitungan luas penampang ujung *nozzle*:

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

Kecepatan Aliran (v)

Laju aliran air ditentukan oleh bukaan katup dan luas penampang, dengan empat varian berbeda yang diuji. Persamaan yang diberikan menggambarkan laju aliran air saat katup dibuka pada sudut 90°.

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

Dengan:

V = Kecepatan aliran (m/s).

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

A = Luasan ujung *nozzle* = 0,0005065 m². (lampiran)

Berikut contoh perhitungannya:

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

Energi Kinetik (Ek)

Daya yang diberikan pada pipa oleh pompa sentrifugal dapat ditentukan dengan menghitung energi kinetik. Energi kinetik suatu sistem dipengaruhi oleh kepadatan dan kecepatan. Berikut adalah persamaan yang menggambarkan kapasitas aliran air 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 = Luasan ujung *nozzle* = 0,0005065 m².

V = Kecepatan aliran = 3,67261881 m/s.

Maka berikut contoh perhitungannya:

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,0005065 \text{ m}^2 \cdot \left(3,6607063 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^3$$

$$= 12,42 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 12,42 \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{s}}\right) = 12,42 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ atau } = 12,42 \text{ Watt}$$

Daya Tekan (Pp)

Tekanan dari data yang dapat diamati pada pengukur tekanan dan pembuangan. Tekanan air dalam pipa di ukur bergantian pada variasi bukaan katup, yang menghasilkan kapasitas aliran air 4 variasi yaitu 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s, 0,003114 m³/s. Berikut persamaan daya tekan :

$$Pp = Q \cdot P$$

Dimana :

Pp = Daya Tekan (Watt)

Q = Debit = 0,001854 m³/s

P = Tekanan Air = 1378,9514 N/m²

Contoh perhitungan:

$$P_p = 0,0018600 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1378,9514 \text{ N/m}^2$$

$$= 2,56 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = \frac{\left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot \text{m}}{\text{s}} = 2,56 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 2,556530 \text{ Watt}$$

Energi potensial

Energi potensial didapat dari ketinggian atau jarak nozzle dari sudu, untuk menghitung energi potensial bisa menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

E_p = energi potensial (Watt)

Q = kapasitas aliran air (m³/s) = 0,001852 m³/s

ρ = masa jenis air = 1000 kg/m³

g = gravitasi = 9,81 m/s²

h = ketinggian/jarak nozzle = 0,05 m

contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_p &= 0,001852 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,05 \text{ m} \\ &= 0,909 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 0,909 \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{s}} \right) \\ &= 0,909 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \text{atau} \quad = 0,909 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya Air Total (Pa)

Total daya air mengacu pada daya gabungan yang dihasilkan oleh simulator menggunakan empat kapasitas aliran air yang berbeda: 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s, dan 0,003114 m³/s. Memang, daya yang diberikan pada setiap katup akan bervariasi, dan akibatnya akan memengaruhi daya keseluruhan yang dihasilkan oleh setiap turbin. Berikut persamaan untuk daya air dan contoh cara menghitungnya saat katup dibuka pada sudut 90°:

$$P_a = E_k + P_p + E_p$$

Dimana:

P_a = Daya Air (Watt)

E_k = Energi Kinetik = 12,5440 Watt

P_p = Daya Tekan = 2,556530 Watt

E_p = Energi potensial = 0,909 Watt

Contoh perhitungan:

$$P_a = 12,42 \text{ Watt} + 2,556530 \text{ Watt} + 0,909 \text{ Watt} = 15,882 \text{ Watt}$$

Gaya pada prony brake

Prony Brake adalah metode pengereman dengan tali melalui pembebanan pada poros turbin, adapun bentuk perhitungannya:

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

Dimana :

F = Gaya (N)

m (beban) = Massa = 5 kg

m (neraca) = Gaya pada neraca = 2,1 kg

g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s²)

Perhitungan gaya menjadi :

$$F = (5 \text{ kg} - 2,1 \text{ kg}) \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 28,42 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 28,42 \text{ N}$$

Torsi Turbin

Besarnya torsi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = F \cdot r$$

Dimana :

T = Torsi (N.m).

F = Gaya (N) .

r = Lengan / jari-jari (m).

Contoh perhitungan torsi:

$$T = 28,42 \text{ N} \cdot 0,01 \text{ m} = 0,2842 \text{ Nm}$$

Kecepatan Angular / Tangensial (ω)

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

Dengan:

ω = Kecepatan angular/tangensial (rad/s).

n = Putaran turbin 204,8 rpm

π = 3,14

Contoh perhitungan tangensial:

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 204,8 \text{ rpm}}{60} = 21,452 \text{ rad/s}$$

Daya Turbin (Pt)

Perhitungan mencari daya yang dimiliki turbin dengan rumus:

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana :

P_t = Daya turbin (Watt)

T = Torsi 0,2842 Nm (Lampiran)

ω = Kecepatan angular = 21,452 rad/s (Lampiran)

Nilai daya turbin dapat dihitung dengan mempertimbangkan variasi 10 bilah segitiga dengan laju aliran 0,001854 liter per detik dan berat 5 kg.

$$P_t = 0,2842 \text{ Nm} \times 21,452 \text{ rad/s}$$

$$= 6,0966 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 6,0966 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$= 6,0966 \text{ Watt}$$

Efisiensi Turbin

Perhitungan efisiensi dihitung dengan rumus:

$$\eta = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (Watt) = 6,0966 Watt

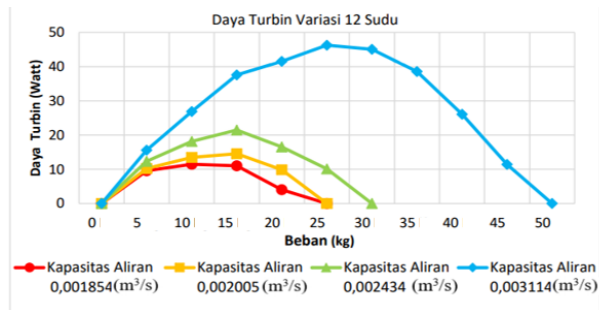
P_a = Daya air (Watt) = 15,8882

$$\eta = \frac{6,0966 \text{ Watt}}{15,8882 \text{ Watt}} \cdot 100\% = 38,37\%$$

Pembahasan

Selain itu, penelitian ini menyajikan data dalam bentuk grafik untuk menggambarkan daya dan efisiensi maksimum yang dicapai oleh berbagai jumlah bilah pada turbin Pelton.”

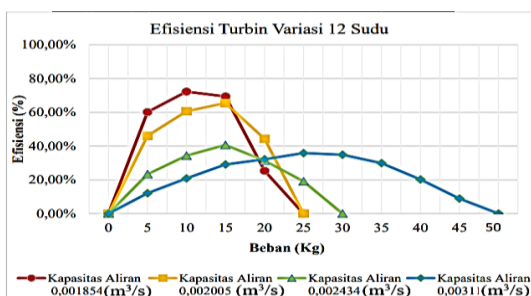
Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Daya Pada Turbin Pelton Variasi 12 Sudu



Gambar 6. Grafik Daya Turbin Variasi 12 Sudu

Dari gambar dan grafik diatas daya turbin variasi 12 sudu pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s didapatkan grafik dari beban 0 kg hingga 25 kg mengalami kenaikan dan berhenti di puncak pada beban 25 kg dan mendapatkan daya turbin 46,255 Watt. Setelah itu mengalami penurunan hingga pembebanan 50 kg. Terjadinya penurunan itu disebabkan karena “beban diatas 25 kg membutuhkan kapasitas aliran diatas 0,003114 m³/s terus menerus sesuai dengan beban yang seiring bertambah. Pada aliran 0,003114 m³/s mendapatkan daya tertinggi, hal ini karena semakin besar kapasitas aliran air yang digunakan akan semakin besar juga daya air yang mana akan memutar turbin”. Daya terbesar didapat pada beban 25 kg yaitu 46,255 Watt. Hal ini karena efek semakin besar kapasitas aliran air yang digunakan berpengaruh pada putaran turbin yang semakin meningkat, tetapi berbanding terbalik juga, jika semakin besar beban yang digunakan maka kapasitas aliran air yang digunakan yang diperbesar juga

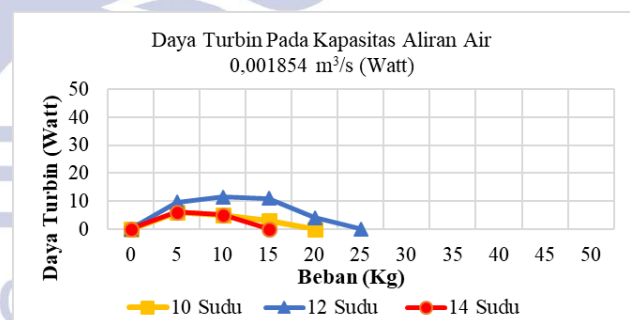
Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Efisiensi Pada Turbin Pelton Variasi 12 Sudu



Gambar 7. Grafik Efisiensi Variasi Sudu 12 sudu

Berdasarkan grafik dan tabel di atas efisiensi turbin variasi 12 sudu pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s mengalami kenaikan dari beban 0 kg hingga 10 kg dan mengalami penurunan terus dan berhenti pada beban 25 kg. hal ini terjadi karena pada kapasitas aliran rendah sering terjadi efisiensi yang bagus karena antara daya air dengan daya turbin hampir sama. Juga beban yang digunakan biasanya relatif enteng, karena dengan beban 10 kg. Pada kapasitas aliran air 0,001854 m³/s mendapatkan efisiensi tertinggi yaitu 72,22%, setelah itu mengalami penurunan dan berhenti di beban 25 kg. pada kapasitas ini efisiensi cenderung terjal naiknya dan curam turunnya, karena kapasitas aliran air yang digunakan rendah. Dengan bentuk sudu segitiga dimungkinkan semprotan air diterima oleh sudu secara baik dengan memfokuskan turbulensi air ke titik ujung pangkal sudu segitiga, hal ini membuat daya air yang diterima oleh sudu menghasilkan daya turbin yang baik pula. Pada daya turbin ada dua faktor yang paling berpengaruh yaitu faktor penggunaan jumlah sudu dan faktor penerimaan air semprotan nozzle. Sudu jumlah 12 menghasilkan putaran turbin lebih tinggi dibandingkan dengan sudu 10 karena timing penerimaan air lebih cepat sudu 12, tetapi pada variasi sudu 14 putaran dan daya turbin lebih lemah daripada sudu 12 karena pada sudu 14 penerimaan air semprotan nozzle tidak utuh, atau terbagi terhadap sudu lainnya karena jarak antar sudu yang terlalu mepet.

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

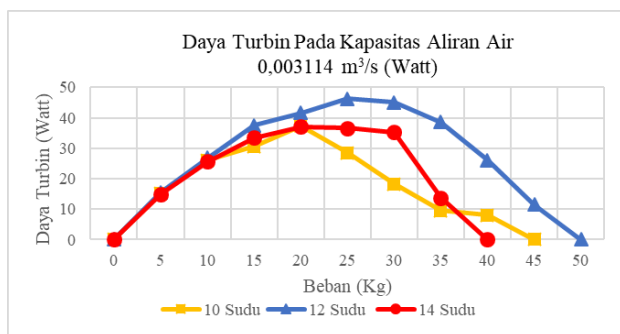


Gambar 8. Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,00184m³/s

“Daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s mendapat daya tertinggi 6,096 Watt pada beban 5 kg dan berhenti pada beban 20 kg. Berikutnya daya turbin variasi 12 sudu mendapat daya tertinggi 11,427 Watt pada beban 10 kg dan berhenti pada beban 25 kg. Selanjutnya daya turbin variasi 14 sudu mendapat daya tertinggi 6,062 Watt pada beban 5 kg dan berhenti pada beban 15 kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 0,001854 m³/s dan

pembebanan 10 kg menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 11,473Watt pada variasi 12 sudu.”

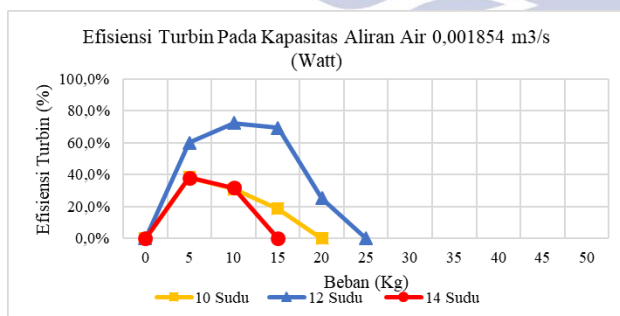
Pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya turbin pelton pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s



Gambar 9. Grafik Daya Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s

“Daya turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s mendapat daya tertinggi 37,412 Watt pada beban 20 kg dan berhenti pada beban 45 kg. Berikutnya daya turbin variasi 12 sudu mendapat daya tertinggi 46,255 Watt pada beban 25 kg dan berhenti pada beban 50 kg. Selanjutnya daya turbin variasi 14 sudu mendapat daya tertinggi 37,137 Watt pada beban 20 kg dan berhenti pada beban 40 kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 0,001854 m³/s dan pembebanan 25 kg menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 46,255 Watt pada variasi 12 sudu.”

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

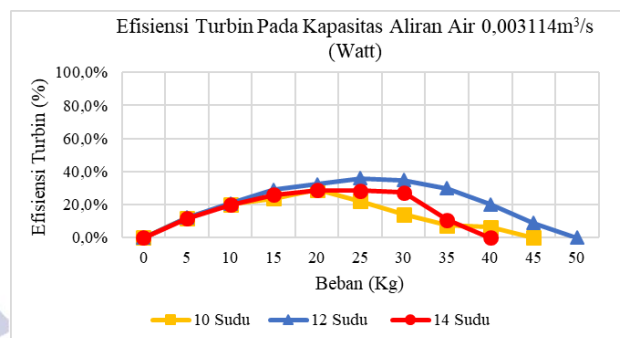


Gambar 10. Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran 0,001854 m³/s

“Pada turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,001854 m³/s mendapat efisiensi tertinggi 38,37% pada beban 5 kg dan berhenti pada beban 20 kg. Berikutnya pada turbin variasi 12 sudu mendapat efisiensi tertinggi 72,22% pada beban 10 kg dan berhenti pada beban 25 kg. Selanjutnya pada turbin variasi 14 sudu mendapat efisiensi tertinggi 38,15% pada beban 5 kg dan berhenti pada beban 15 kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 0,001854 m³/s dan

pembebanan 10 kg menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu sebesar 72,22% pada variasi 12 sudu.”

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



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

“Pada turbin variasi 10 sudu pada kapasitas aliran 0,003114 m³/s mendapat efisiensi tertinggi 28,98% pada beban 20 kg dan berhenti pada beban 45 kg. Berikutnya pada turbin variasi 12 sudu mendapat efisiensi tertinggi 35,83% pada beban 25 kg dan berhenti pada beban 50 kg. Selanjutnya pada turbin variasi 14 sudu mendapat efisiensi tertinggi 28,77% pada beban 25 kg dan berhenti pada beban 40 kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas aliran air 0,003114 m³/s dan pembebanan 25 kg menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 35,83% pada variasi 12 sudu.”

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang dilakukan, ditarik kesimpulan berikut:

- Daya keluaran terbesar yang diperoleh dari pengujian variasi jumlah sudu turbin pelton adalah 46,255 Watt. Hal ini dicapai oleh sudu 12 dengan beban 25 kg dan laju aliran 0,003114 m³/s. Turbin variasi 12 buah menghasilkan daya yang lebih besar dibanding turbin dengan 10 dan 14 buah. Hubungan antara kapasitas aliran air dan daya turbin berbanding lurus. Demikian pula, kapasitas aliran air berbanding lurus dengan beban yang dikonsumsi.
- Penelitian menemukan efisiensi terbaik dicapai ketika turbin memiliki kapasitas 0,001854 m³/s, beban 10 kg, dan 12 buah. Efisiensi pada kondisi ini terukur sebesar 72,22%. Efisiensi turbin ditentukan oleh besarnya daya turbin dan daya air. Daya air adalah energi yang disalurkan ke turbin, sedangkan daya turbin adalah energi yang dihasilkan oleh turbin. Hal ini terjadi

karena bentuk sudu segitiga menerima daya turbin dan air dengan baik dan daya turbin hampir berbanding sama dengan daya air.

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut diusahakan menggunakan alat ukur suhu, karena setiap perubahan suhu pada komponen alat ukur maupun komponen turbin akan mempengaruhi hasil uji penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, H. D., & Adiwirowo, P. H. (2023) *Studi Eksperimental Pengaruh Jarak Nossel Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Pelton*. Jurnal Teknik Mesin, 11, 81–88.
- Adiwirowo & Wailanduw. (2020). “Experimental Performance of Turbine Reaction Flow Type Straight with Blade Ratio Variation.” *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 9 (3S): 186–90. <https://doi.org/10.35940/ijitee.c1041.0193s20>.
- Adiwirowo & zohri. (2023). “Mathematical Modeling of a Novel PVT-Fin System for Maximum Energy Yield.” *Mathematical Modelling of Engineering Problems* 10 (5): 1743–50. <https://doi.org/10.18280/mmep.100525>.
- Adiwirowo, wahyu dwi Kurniawan, dan Soeryanto. (2022). *Proceedings of the International Joint Conference on Science and Engineering 2022 (IJCSE 2022). 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>.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Kapasitas Terpasang PLN Menurut Jenis Pembangkit Listrik (MW), 2019–2021*. BPS. <https://www.bps.go.id>
- Choi, M., Jung, Y. J., & Shin, Y. (2015). *Unsteady Flow Simulations Of Pelton Turbine At Different Rotational Speeds*. *Advances in Mechanical Engineering*, 7(11), 1–9. <https://doi.org/10.1177/1687814015616538>
- Gunawan, A., Oktafeni, A., & Khabzli, W. (2013). *Pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)*. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 10(4), 202–206. <https://doi.org/10.1243/095765002760024827>.
- Ishola, F. A., Azeta, J., Agbi, G., Olatunji, O. O., & Oyawale, F. (2019). *Simulation For Material Selection For A Pico Pelton Turbine's Wheel And Buckets*. *Procedia Manufacturing*, 35(2019), 1172–1177. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.073>
- Mafrudin, & Irawan Dwi. (2014). *Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur*.
- Mafrudin, & Irawan, D. (2020). *Turbin Impuls* (1st ed.). Cv. Laduny Alifatama.
- Niharman, Silaen, A. F., Tonadi, E., & Coranda, O. (2021). *Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan*. *Jurnal TEKNOSIA*, 1(1), 36–42.
- Nugroho, H. Y. S. H., & Sallata, M. K. (2015). *Pltmh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)*, 1st ed.
- Paish, O. (2002). *Micro-Hydropower: Status And Prospects. Proceedings Of The Institution Of Mechanical Engineers Part A-Journal Of Power And Energi*. *Proc Inst Mech Eng A-J Power*, 216(1), 31–40.
- Prasetyo, Y., & Adiwirowo, P. H. (2021.). *Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Sudu Berpenampang Segitiga Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal*. *Jurnal Teknik Mesin*, 09, 35–46.
- Rama, G., Ruing, D., Weking, A. I., & Jasa, L. (2019). *Analisis Dan Perbandingan Segitiga Kerja: Turbin Sudu Setengah Lingkaran, Sudu Segitiga Dan Sudu Sirip Untuk Menghasilkan Rpm Yang Tertinggi*. In *Jurnal Spektrum* (Vol. 6, Issue 2).
- Ramaputra, D., & Haurissa, J. (2022). *Analisa Kinerja Turbin Turgo Dan Turbin Pelton Skala Laboratorium*. 19.
- Saputra, I. G. N., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. (2020). *Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dhasilkan*. *Jurnal Spektrum*, 7(4), 161–172.
- Simamora, M. S. (2017). *Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton*. *Jurnal Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton*, 1.
- Solihat, I. (2020). *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)*. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 7–14.
- Sugiharto, A. (2018). *Pltmh Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan*. *Majalah Ilmiah Ppsdm Migas*, 8(1), 107–118.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.