STUDI EKSPERIMENTAL OPTIMASI VARIASI RASIO DIAMETER *NOZZLE* TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN PELTON

Muhammad Fikri Haikal Ramadhani
S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammadfikri.20063@mhs.unesa.ac.id

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

Abstrak

Tenaga listrik sangat penting untuk pengembangan nasional secara keseluruhan, dan masih banyak daerah pelosok di Indonesia yang belum memiliki listrik. Karena memanfaatkan energi air yang tidak akan pernah habis, PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) adalah solusi yang ideal untuk masalah ini. Turbin pelton menggunakan energi potensial dan kinetik air untuk menghasilkan energi lisrik. Variasi rasio diameter nozzle terhadap daya dan efisiensi pada turbin pelton adalah tujuan dari penelitian ini. Untuk penelitian ini, metode eksperimen digunakan dengan pipa berdiameter 76,2 mm. Rasio diameter nozzle yang digunakan adalah 1:4, 1:5, dan 1:6, sehingga diameter nozzle adalah 19 mm, 15 mm, dan 11 mm, dan jarak nozzle adalah 50 mm dengan 8 sudu mangkuk tunggal. Yang akan diuji dengan kapasitas air masing-masing 0,001854 m3/s, 0,002005 m3/s, 0,002434 m3/s, dan 0,003114 m3/s. Dan pembebanan yang berbeda digunakan mulai dari 5 kg, 10 kg, 15 kg, dan seterusnya sampai berhenti. Berdasarkan tes dan perhitungan yang dilakukan oleh penelitian ini. Hasil penelitian mencakup variasi rasio diameter nozzle 1:4, 1:5, dan 1:6. Variasi rasio diameter 1:5 memiliki daya tertinggi sebesar 97,628 Watt pada kapasitas aliran 0,003114 m3/s dengan pembebanan 50 kilogram, dan variasi rasio diameter 1:4 memiliki efisiensi tertinggi sebesar 25,07% pada kapasitas aliran 0,002005 m^3/s dengan pembebanan 15 kilogram.
Kata Kunci : Turbin Pelton, Daya, Efisiensi, Rasio Diameter *Nozzle*

Abstract

A vital component of comprehensive national development is electricity. In Indonesia, electricity is still scarce in many rural regions. Micro Hydro Power Plants (PLTMH), which use limitless water energy, provide an exact solution to this problem. The Pelton turbine is a machine that uses the potential and kinetic energy produced by water to transform water energy into electrical energy. The aim of this study is to ascertain how the nozzle diameter ratio in Pelton turbines varies in terms of power output and efficiency.This study uses an experimental design with a pipe with a diameter of 76,2 mm. The nozzle sizes of 19 mm, 15 mm, and 11 mm, respectively, are the results of testing different nozzle diameter ratios of 1:4, 1:5, and 1:6. With a total of eight buckets, the nozzles are set 50 mm away from a bucket runner that has one cup. Water flow rates of 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s, and 0,003114 m³/s will be used in the experiments. Furthermore, until the testing are over, the load changes will go from 5 kg to 10 kg to 15 kg, and so on. The results of this research's tests and computations indicate that the maximum power output of 97,628 Watts at a flow rate of 0,003114 m³/s and a load of 50 kg was obtained with a nozzle diameter ratio of 1:5. At a flow rate of 0,002005 m³/s and a load of 15 kg, the optimal efficiency was recorded with a nozzle diameter ratio of 1:4, attaining 25,07% efficiency.
Keywords : *Pelton Turbine, Power, Efficiency, Ratio Nozzle Diameter*

PENDAHULUAN

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 (Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, 2019), energi air memiliki potensi terbesar untuk energi terbarukan, dengan 94,3 GW. Energi surya memiliki potensi 207,8 GW, sedangkan energi air memiliki potensi 94,3 GW.

Dengan luas perairan seluas 6,4 juta kilometer persegi, atau 77 persen dari semua wilayah Indonesia, ada peluang

besar untuk membangun pembangkit listrik tenaga air di Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang murah, mudah diakses, dan tidak menimbulkan polusi.

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. Menurut Jurnal Energi yang diterbitkan oleh MHP, mikro hidro berarti kecil dan hydro berarti air. Dengan demikian, micro hydro adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA) skala kecil. PLTA ini menggunakan aliran irigasi atau sungai untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. (Adiwibowo, Kurniawan & Soeryanto, 2022)

Salah satu jenis turbin yang dapat digunakan pada PLMTH adalah turbin pelton. Menurut (Auzan, 2021), turbin Pelton termasuk dalam kategori turbin impuls, yang berarti bahwa itu digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan jet, atau nozzle, air berkecepatan tinggi mengenai botol dan menggerakkan poros turbin. Pada kecepatan rendah, runner tidak menyerap sebagian energi air. Tekanan atmosfer adalah tekanan air yang masuk dan keluar dari sudu. Turbin impuls berasal dari gaya air tekanan tinggi yang menumbuk botol. Ketinggian air jatuh (kepala), kecepatan aliran, jumlah nozzle, diameter nozzle, dan jumlah sudu adalah semua komponen yang memengaruhi kinerja turbin pelton. Dengan energi yang relatif kecil yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan dengan PLTA yang berskala besar, peralatan yang digunakan relatif sederhana, dan area yang diperlukan relatif kecil untuk instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Oleh karena itu, sistem pembangkit mikrohidro ideal untuk memenuhi ketersediaan jaringan listrik di wilayah terpencil dan pedesaan.

Karena kesulitan yang dihadapi masyarakat pedesaan di daerah terpencil yang belum terjangkau oleh listrik dari PLN dan tidak memiliki aliran sungai atau saluran irigasi yang memiliki kapasitas aliran yang besar, mereka lebih cenderung menggunakan generator set. Namun, jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar lainnya, generator set lebih mahal. Dengan menggunakan prime mover air dengan kapasitas aliran rendah, penggerak listrik alternatif ini menggunakan pompa air untuk menghasilkan energi mekanis pada kincir air pelton. Energi mekanis ini kemudian dikopel ke generator, yang menghasilkan energi listrik.

Dengan menaikkan sudut nozzle l ke arah atas, Anda dapat meningkatkan putaran turbin hingga 39,52%. Dengan rasio pulley 1:4, putaran generator dapat mencapai 902,2 rpm dengan sudut 90 derajat. Dalam perancangan pembangkit listrik alternatif ini, sangat penting untuk mempertimbangkan jenis dan jenis pompa yang digunakan karena kapasitas aliran air yang dipompakan memengaruhi putaran turbin dan putaran akhir generator (Majid et al. 2019)

Dalam penelitian yang disebut sebagai "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jarak Nozzle Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton", variasi jarak nozzle pada turbin pelton sebesar 25 mm, 50 mm, dan 75 mm digunakan sebagai metode eksperimen. 8 sudu dalam mangkuk tunggal akan diuji dengan kapasitas air masing-masing 0,001854 m^3/s, 0,002005 m^3/s, 0,002434 m^3/s, dan 0,003114 m^3/s dengan nozzle berdiameter 25,4 mm. Variasi pembebanan yang diuji adalah 5 kg, 10 kg, 15 kg, dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak semprot nozzle 25 mm, 50 mm, dan 75 mm masing-masing memiliki daya tertinggi, yaitu 51,2 watt dengan kapasitas aliran 0,003114 m3/s pada pembebanan 40 kg. Selain itu, jarak semprot nozzle 50 mm memiliki efisiensi tertinggi, yaitu 72,49%, dengan kapasitas aliran 0,001854 m^3/s pada pembebanan 10 kg. (Aditama & Adiwibowo, 2023)

Studi (Mafruddin et al., 2020) berjudul "Pengaruh Jumlah Sudu Dan Diameter Nosel Terhadap Kinerja Turbin Pelton" menggunakan metode eksperimen nyata. Ada variasi jumlah sudu (19, 21, dan 23) dan diameter (8, 10 mm). Debit air yang digunakan untuk menguji turbin adalah 17,2 LPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sudu dan diameter nozel memengaruhi daya turbin; dengan jumlah sudu 21 dan diameter nozel 8 mm, daya turbin maksimal adalah 2,15 Watt.

Menurut penelitian (Fernanda & Adiwibowo, 2021) yang berjudul "Pengaruh Variasi Diameter Ujung Nossel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton", prototipe turbin pelton dibuat untuk memudahkan penelitian. Prototype memiliki kapasitas air 12 LPM, 16 LPM, dan 20 LPM, jarak semprot nossel 5 cm, dan perbedaan rasio diameter ujung nossel 32 mm versus 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa diameter nossel ujung 8 mm memiliki daya maksimum sebesar 2,508 watt pada pembebanan 5000 gram dan kapasitas 20 LPM sebesar 2,508 watt, sedangkan diameter nossel ujung 12 mm memiliki daya terendah sebesar 0,053 Watt pada pembebanan 2500 gram dan kapasitas 16 LPM sebesar 0,053 Watt. Dengan demikian, rasio diameter nossel terbaik adalah (8:32) mm atau 1:4.

Studi sebelumnya telah meneliti variasi rasio diameter nozzle pada turbin pelton, tetapi belum menemukan rasio diameter nozzle yang ideal. Oleh karena itu, untuk mencapai tingkat efisiensi yang optimal, lebih banyak penelitian harus dilakukan tentang variasi rasio diameter nozzle. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan lebih besar dengan rasio perbandingan yang lebih kecil. Hasil penelitian akan berguna sebagai referensi untuk membangun sebuah

PLMTH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) yang menggunakan potensi turbin pelton.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui apakah ada hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berhubungan. Peneliti mengubah rasio diameter nozzle yang memiliki daya dan efisensi terbaik selama eksperimen ini. Studi ini dilakukan dalam kondisi yang telah diubah dan dengan peralatan yang telah disesuaikan.

Tempat Penelitian

Studi eksperimen ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida di gedung A8 lantai 2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, dengan judul "Studi Eksperimental Optimasi Variasi Rasio Diameter Nozzle Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton."

Waktu Penelitian

Setelah proposal skripsi diserahkan, penelitian ini dilakukan sampai data dan analisis yang diperlukan tersedia.

Variabel Independen (Bebas)

Dalam penelitian ini, diameter nozzle 19 mm, 15 mm, dan 11 mm dengan pipa 76,2 mm digunakan sebagai variabel bebas dengan rasio 1:4, 1:5, dan 1:6.

Variabel Dependen (Terikat)

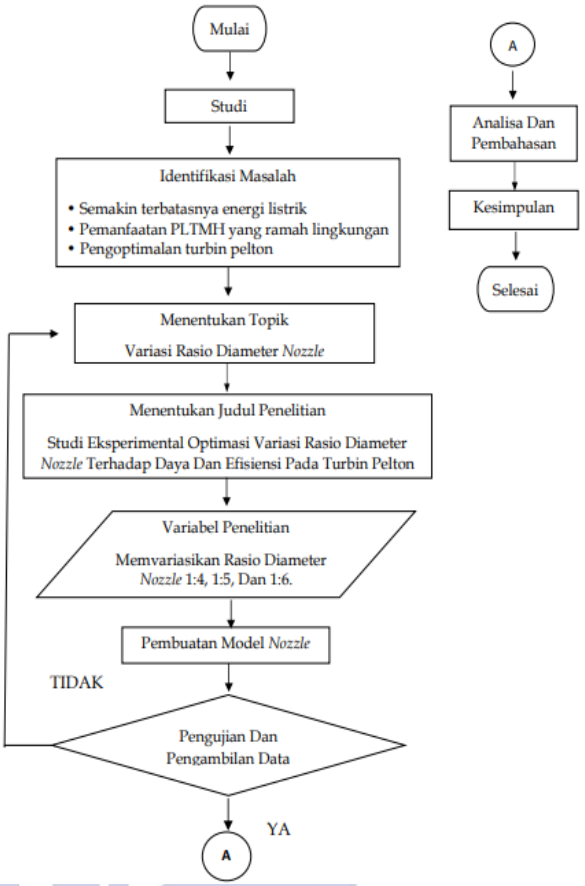
Daya dan efisiensi turbin pelton adalah variabel terikat dalam penelitian ini. Menurut Sugiyono (2013), variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau dipengaruhi oleh variabel bebas.

Variabel Kontrol

Variable kontrol dianggap konstan sehingga faktor luar yang tidak diteliti tidak mempengaruhi pengaruh variable independen terhadap dependen (Sugiyono 2013). Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

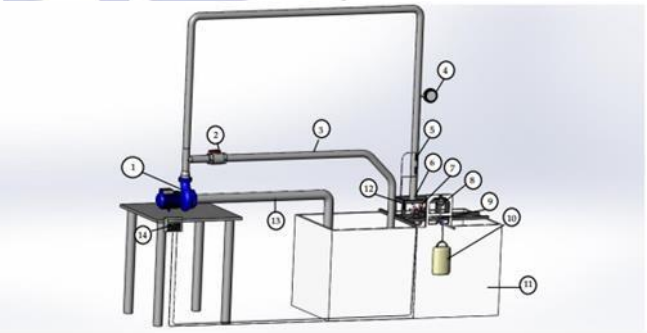
a. Air digunakan sebagai fluida kerja.
b. Kapasitas aliran air 0,001854 m³/s, 0,002005 m³/s, 0,002434 m³/s dan 0,003114 m³/s.
c. Jarak semprot *nozzle* 50 mm.
d. Pembebanan sebesar 5 Kg, 10 Kg, 15 Kg, 20 Kg dan seterusnya hingga turbin berhenti berputar.
e. Diameter Total Turbin 246 mm.
f. Menggunkan sudu berbentuk mangkuk tunggal dengan diameter 50 mm dan kedalaman 35 mm dengan jumlah sudu 8.

Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

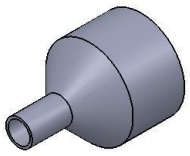
Peralatan dan Instrumen Penelitian



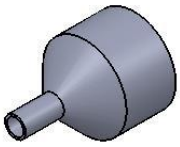
Gambar 2. Skema Turbin Pelton

Keterangan:

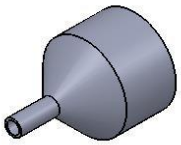
1. Pompa
2. Katup
3. Pipa Pembuangan
4. Pressure Gauge
5. *Transducer*
6. *Nozzle*
7. Turbin Pelton
8. Neraca
9. *Prony Brake*
10. Beban
11. Bak Penampung Air
12. Rumah Turbin
13. Pipa Hisap
14. *Digital Ultrasonic Flowmeter*



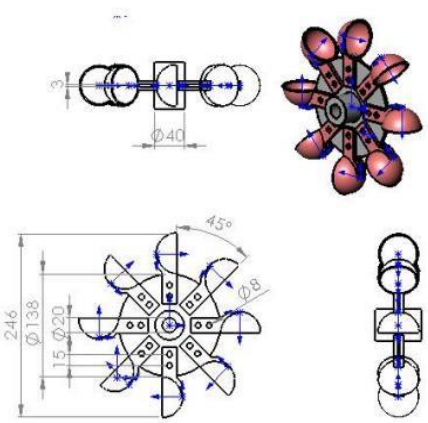
Gambar 3. Desain variasi rasio diameter *nozzle* 1:4



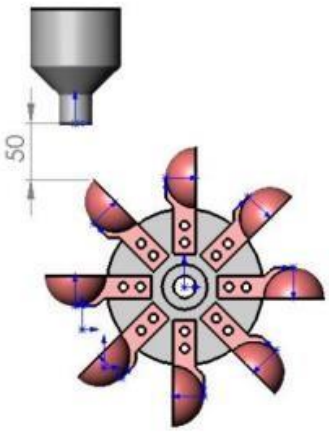
Gambar 4. Desain variasi rasio diameter *nozzle* 1:5



Gambar 5. Desain variasi rasio diameter *nozzle* 1:6



Gambar 6. Desain *Runner*



Gambar 7. *Runner* dan *nozzle*

Teknik Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data, penelitian ini mengukur atau menguji subjek dan mencatat hasilnya.

Teknik Analisa Data

Data diambil dan diukur menggunakan alat ukur, dikumpulkan dalam tabel, dan disajikan dalam bentuk grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, pengumpulan data memerlukan pengukuran dan perhitungan. Kapasitas aliran air diukur menggunakan pengukur aliran ultrasonik digital, beban diukur menggunakan neraca, dan putaran turbin diukur dengan tachometer. Data dikumpulkan tiga kali dan dihitung menggunakan rumus. Kemudian, data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat perbandingan nilai untuk setiap variasi. Setiap kapasitas aliran air dikelompokkan untuk melihat perbandingan rasio diameter nozzle 1:4, 1:5, dan 1:6. Beberapa perhitungan dilakukan untuk mendapatkan data ini:

Luas Penampang Aliran (A)

Diameter ujung nozzle 19 mm, 15 mm, dan 11 mm digunakan dalam penelitian ini. Semua satuan ini dikonversi menjadi meter (m). Luas penampang aliran dapat dihitung dengan rumus ini:

$$A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

Dengan:

A = Luasan ujung *nozzle* (m^2).

d = diameter dalam pipa (m) = 0,076 m.

Contoh perhitungan luas penampang aliran pipa sebagai berikut :

$A = 1/4 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}076\ m)^2$

$A = 0{,}0045342\ m^2$

Tabel 1. Luas Penampang Aliran setiap *nozzle*

1/4	Diameter (d)	Diameter (d^2)	Luas Penampang (m²)
0,25	0,19	0,0361	0,0283385
0,25	0,15	0,0225	0,0176625
0,25	0,11	0,0121	0,0094985

Kecepatan Aliran Air (v)

Dalam penelitian ini, tiga variabel rasio diameter nozzle dan empat variabel kapasitas aliran digunakan. Akibatnya, dua belas kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_1.v_1 = A_2.v_2$$

Dengan:

v_1 = Kecepatan aliran pipa (m/s) 0,409 m/s

v_2 = Kecepatan aliran *nozzle* (m/s)

A_1 = Luasan ujung pipa (m²) 0,0045342 m^2

A_2 = Luasan ujung *nozzle* (m²) 0,0283385 m^2

Contoh perhitungan kecepatan sebagai berikut :

0,0045342 m^2. 0,409 m/s = 0,0283385 m^2. v_2

$$v_2 = \frac{0{,}0045342\ m^2.\ 0{,}409\ m/s}{0{,}0283385\ m^2}$$

v_2 =6.542 m/s

Energi Kinetik (Ek)

Perhitungan Energi Kinetik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ek = 1/2.\ \rho\ .\ A\ .\ v^3$$

Dengan:

Ek = Energi Kinetik (Watt)

ρ = Massa jenis (kg/m³) = 1000 kg/m³

A = Luas Ujung *Nozzle* (m²) = 0,0283385 m²

v = Kecepatan Aliran (m/s) = 6,542219 m/s

Contoh perhitungan energi kinetik sebagai berikut:

Ek =1/2.1000 kg/m³.0,0283385 m².(6,542219m/s)³

Ek = 39,675 Watt.

Daya Tekan (Pp)

Tekanan fluida di dalam pipa memengaruhi daya air. Tekanan diukur dengan pressure gauge yang dipasang pada pipa. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung tekanan yang terjadi:

$$Pp = Q\ .\ P = (m^3/s)\ .\ ((N)/m^2)$$

$$= N.m/s$$

$$Pp = Watt$$

Dengan :

Pp = Daya Tekan (Watt)

P = Tekanan Air (N/m²) = 20684,271 N/m²

Contoh Perhitungan daya tekan sebagai berikut :

Pp = 0,001854 m³/s. 20684,271 N/m²

= 7,669590 Nm/s

Pp = 7,669590 Watt

Energi Potensial

Energi potensial diperoleh dari ketinggian atau jarak nozzle dari sudu. Anda dapat menghitungnya dengan menggunakan persamaan berikut:

Ep =Q.m.g.h

Dengan :

Ep= Energi Potensial (Watt)

Q = Kapasitas aliran (m³/s) = 0,001854 m³/s

m = Massa jenis air = 1000 kg/ m³

g = Gravitasi = 9,81 m/s²

h = Ketinggian = 0,05 m

Contoh perhitungan energi potensial sebagai berikut :

Ep = 0,001854 m³/s.1000 kg/ m³.9,81 m/s².0,05 m

Ep =0,909371 watt

Daya Air Total (Pair)

Dengan menggabungkan energi kinetic, energi potensial, dan daya tekan, daya air total dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Pa = Ek + Pp + Ep$$

Dengan :

Pair= Daya air (Watt)

Ek = Energi Kinetik (Watt) = 39,675 Watt

Pp = Daya Tekan (Watt) = 7,669590 Watt

Ep= Energi potensial (Watt) = 0,909371 Watt

Contoh perhitungan daya air total sebagai berikut :

Pa = (39,675 + 7,669590 + 0,909371) Watt

Pa = 48,254 Watt

Gaya Prony Brake (F)

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung gaya:

$$F = m\ .\ g$$

$$F = (m\ pembebanan - m\ neraca).\ g$$

Dengan :

F = Gaya(N) m=Beban(kg)

m pembebanan = 5 kg

m neraca = 2,4 kg (diperoleh dari neraca).

g = Gravitasi = 9,81 m/s²

Contoh perhitungan gaya sebagai berikut :

F = (5 − 2,4)kg . 9,81 m/s²

F = 25,48 N

Torsi Turbin (T)

Dalam penelitian ini, nilai jari-jari poros turbin sama untuk setiap variasi sebesar 0,01 m. Torsi dihitung dengan persamaan berikut:

$$T = F\ .\ r$$

Dengan :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya (N) = 25,48 N (lampiran 2).

r = Lengan / jari-jari (m) = 0,01 m (lampiran 2).

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Contoh perhitungan torsi sebagai berikut :

T = 25,48 N . 0,01 m

T = 0,2548 Nm

Kecepatan Sudut (ω)

Besar nilai putaran turbin memengaruhi kecepatan sudut. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung kecepatan sudut:

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

Dengan :

ω = Kecepatan anguler/tangensial (rad/s)

n = Putaran turbin (rpm) = 361,8 rpm (diperoleh dari *tachometer*)

Contoh perhitungan kecepatan sudutnya sebagai berikut :

$$\omega = \frac{2 . 3,14 . 361,8 \text{ rpm}}{60}$$

ω = 37,88 rad/s

Daya Turbin (Pturbin)

Nilai torsi dan kecepatan angular memengaruhi daya turbin. Perhitungan daya turbin dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P\text{turbin} = T . \omega$$

Dengan :

Pturbin = Daya turbin (Watt)

T = Torsi (N.m) = 0,255 Nm

ω = Kecepatan angular (rad/s) = 37,885 rad/s

Contoh perhitungan daya turbin sebagai berikut :

Pt = 0,2548 Nm . 37,885 rad/s

Pt = 9,653Watt

Efisiensi Turbin

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai efisiensi turbin:

$$\eta = P\text{turbin}/Pa\text{ir} .100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi turbin (%)

Pturbin = Daya turbin (Watt) = 9,653 Watt

Pair = Daya air (Watt) = 48,254 Watt

Contoh perhitungan nilai efisiensi sebagai berikut :

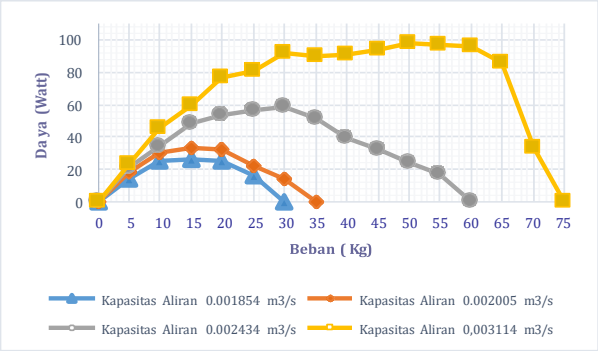
$$\eta = \frac{9,653 \text{ watt}}{48,254 \text{ watt}} . 100\%$$

η = 20,00 %

Pembahasan

Selanjutnya, data penelitian yang telah diperoleh disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk menunjukkan perbandingan daya tertinggi dan efisiensi optimal dari ketiga variasi rasio diameter nozzle pada turbin pelton.

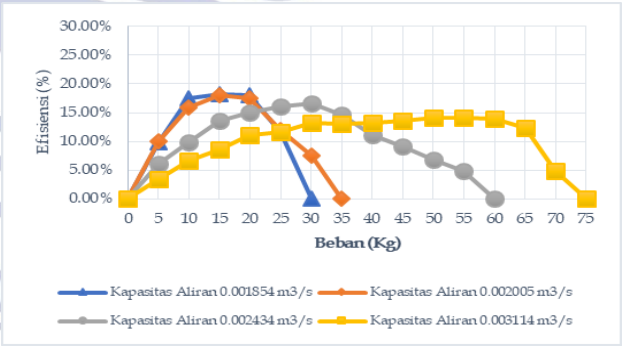
Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Terhadap Daya Pada Rasio Diameter *Nozzle* 1:5



Gambar 8. Grafik Daya Pada Rasio Diameter *Nozzle* 1:5

Dengan kapasitas aliran 0,001854 m3/s dan rasio diameter nozzle 1:5, daya turbin pelton adalah 25,871 Watt. Pada pembebanan 15 kg, turbin menghasilkan daya 25,871 Watt. Pada pembebanan 30 kg, turbin berhenti berputar. Dengan kapasitas aliran berubah 0,002005 m3/s, daya turbin tertinggi mencapai 33,677 Watt dengan pembebanan 15 kg. Dengan variasi kapasitas aliran 0,002434 m3/s, turbin berhenti berputar pada pembebanan 35 kg. Pada pembebanan 30 kg, turbin menghasilkan daya tertinggi 59,089 Watt. Dengan kapasitas aliran berubah 0,003114 m3/s, turbin berhenti berputar pada pembebanan 60 kg. Pada pembebanan 50 kg, turbin menghasilkan daya sebesar 97,628 Watt. Pada pembebanan 75 kg, turbin berhenti berputar.

Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Terhadap Efisiensi Pada Rasio Diameter *Nozzle* 1:5

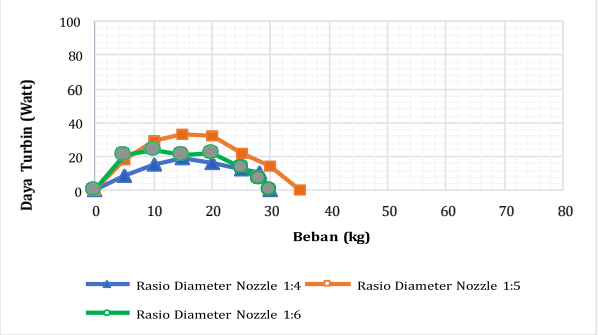


Gambar 9. Grafik Efisiensi Turbin Rasio Diameter *Nozzle* 1:5

Rasio diameter nozzle 1:5 menunjukkan efisiensi turbin pelton, dengan kapasitas aliran 0,001854 m^3/s. Pada pembebanan 15 kg, turbin mencapai tingkat efisiensi sebesar 18,30%, dan pada pembebanan 30 kg, turbin berhenti berputar. Variasi kapasitas aliran 0,002005 m^3/s, Pada pembebanan 15 kg, turbin memiliki efisiensi tertinggi sebesar 18,03%. Pada pembebanan 35 kg, turbin berhenti berputar karena variasi kapasitas aliran sebesar 0,002434 m3/s. Pada pembebanan 30 kg, turbin memiliki efisiensi tertinggi sebesar 16,65%. Dengan kapasitas

aliran 0,003114 m3/s, turbin berhenti berputar pada pembebanan 60 kg. Dengan pembebanan 50 kg, turbin memiliki efisiensi tertinggi sebesar 14,12%. Dengan pembebanan 75 kg, turbin berhenti berputar.

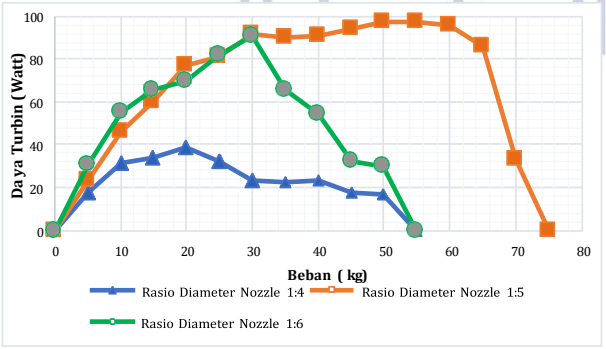
Pengaruh Variasi Rasio Diameter *Nozzle* Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s.



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

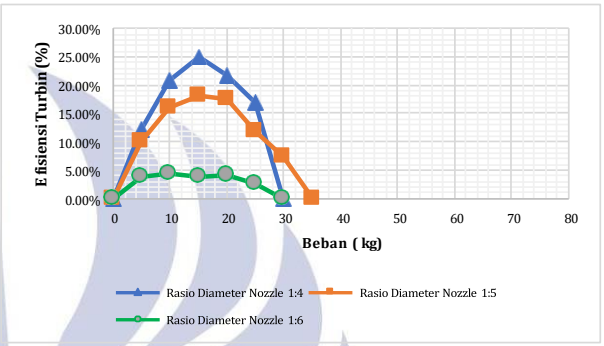
Gambar 9 menunjukkan bahwa variasi rasio diameter nozzle 1:5 menghasilkan daya turbin tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s. Daya naik relatif pada rasio diameter nozzle ini dari awal tanpa beban hingga mencapai puncaknya pada pembebanan 15 kg, yang menghasilkan daya 33,677 Watt. Selanjutnya, daya turun setelah pembebanan 20 kg hingga berhenti pada pembebanan 35 kg. Di sisi lain, variasi rasio diameter nozzle 1:4 menghasilkan daya turbin sebesar 12,088 Watt pada pembebanan 10 kg tanpa beban, tetapi daya turun secara signifikan dari pembebanan 10 kg hingga berhenti pada pembebanan 25 kg. Variasi rasio diameter nozzle 1:6 menghasilkan daya turbin sebesar 24,306 Watt pada pembebanan 10 kg, dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 30 kg.

Pengaruh Variasi Rasio Diameter *Nozzle* Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s.



Gambar 11 menunjukkan bahwa variasi rasio diameter nozzle 1:5 menghasilkan nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m³/s. Daya turbin meningkat secara relatif mulai tanpa beban hingga 30 kg, kemudian turun sedikit pada 40 kg, tetapi kembali naik lagi pada 50 kg, menghasilkan daya 97,628. Dengan rasio diameter nozzle 1:6, daya naik dari awal tanpa beban hingga mencapai maksimum 91,088 Watt pada pembebanan 30 kg, tetapi turun setelah pembebanan 60 kg. Dengan variasi rasio diameter nozzle 1:4, daya turbin tertinggi pada pembebanan 20 kg, menghasilkan daya sebesar 24,306 Watt, dan turbin berhenti berputar pada pembebanan 55 kg.

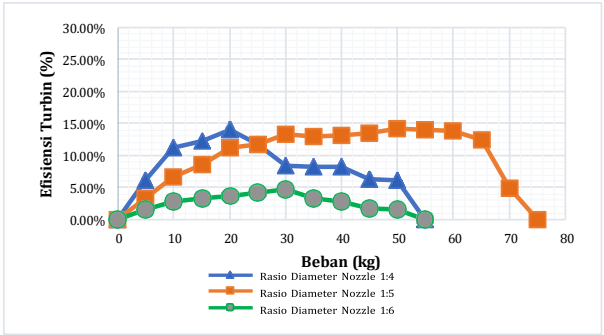
Pengaruh Variasi Rasio Diameter *Nozzle* Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002005 m³/s



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

Menurut gambar 13, variasi rasio diameter nozzle 1:4 menghasilkan nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s. Efisiensi meningkat pesat dari tanpa beban hingga 5 kg, 10 kg dan mencapai puncak 25,07% pada pembebanan 15 kg. Setelah itu, efisiensi turun secara relatif sampai 25 kg dan berhenti pada 30 kg. Dengan rasio diameter nozzle 1:5, efisiensi maksimal pada pembebanan 15 kg sebesar 18,03% dan penurunan pada pembebanan 20 kg sampai berhenti pada pembebanan 35 kg. Sebaliknya, rasio diameter nozzle 1:6 menghasilkan kenaikan pada pemebeban 0-5 kg dan tetap konstan sampai pembebanan 20 kg.

Pengaruh Variasi Rasio Diameter *Nozzle* Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s



Gambar 13. Grafik Efisiensi Turbin Pada Kapasitas Aliran Air 0,003114 m³/s

Menurut gambar 15, variasi rasio diameter nozzle 1:5 menghasilkan nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s. Efisiensi meningkat pesat tanpa beban hingga 10–30 kg dan tetap konstan sampai 60 kg. Efisiensi puncak sebesar 14,12% dicapai pada 50 kg, tetapi turun sedikit sampai 70 kg dan berhenti pada 75 kg. Dibandingkan dengan rasio diameter nozzle 1:4 yang mencapai efisiensi maksimal sebesar 13,98% pada pembebanan 20 kg dan penurunan sebesar 4,70% pada pembebanan 30 kg sampai berhenti pad pada 55 kg. Sebaliknya, rasio diameter nozzle 1:6 mencapai peningkatan pada pemeebanan antara 0 dan 30 kg dan mencapai efisiensi maksimal sebesar 4,70% pada pembebanan 30 kg.

PENUTUP

Simpulan

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

1. Sebuah nozzle dengan rasio diameter 1:5 memiliki luas yang lebih besar dari nozzle dengan rasio diameter 1:6, sehingga permukaan sudu yang tertumbuk air lebih luas. Nozzle dengan rasio diameter 1:4 juga memiliki luas yang lebih besar dari nozzle dengan rasio diameter 1:5 dan 1:6. Namun, karena kecepatan aliran yang lebih rendah, air yang disemprotkan oleh nozzle tidak dapat menabrak sudu sepenuhnya. Rasio diameter nozzle 1:5 dengan kapasitas aliran 0,003114 m^3/s pada pembebanan 50 kg menghasilkan daya 97,628 Watt.
2. 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. Dalam penelitian ini, variasi rasio diameter nozzle 1:4 memiliki kapasitas aliran 0,002005 m^3/s pada pembebanan 15 kg dan nilai efisiensi 25,07%. Variasi rasio diameter nozzle 1:5 memiliki daya air terkecil, sehingga lebih efisien.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian yang dilakukan tentang variasi variasi rasio diameter nozzle terhadap daya dan efisiensi turbin pelton poros horizontal, maka dapat diusulkan bahwa:

1. Untuk menghindari beban yang berlebihan pada komponen turbin dan memperlambat putaran turbin itu sendiri, sangat disarankan untuk menggunakan bahan yang tepat saat melakukan penelitian.
2. Suhu pada poros as turbin harus diperhatikan untuk penelitian lebih lanjut karena perubahan suhu akan mempengaruhi efisiensi dan daya turbin pelton.

DAFTAR PUSTAKA

Aditama, & Adiwibowo, P. H. (2023). *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jarak Nozzle Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Turbin Pelton*. Jurnal Rekayasa Mesin.*https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article*

Adiwibowo & 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.*

Adiwibowo & 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.*

Adiwibowo, 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.*

Auzan, L. (2021). *Pengaruh Tinggi Jatuh Air (Head) Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, *1*(4), 1–13.

Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. (2019). Buku Outlook Energi Indonesia Tahun 2019. *Issn 2527-3000*.9. *https://www.den.go.id/index.php/publikasi/OutlookEnergi-Indonesia?page=2*

Fernanda, & 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*

Mafruddin, M., Irawan, R. M., Setiawan, N., Rajabiah, N., & Irawan, D. (2020). *Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton.* Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8(2), 214–218. *https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1076*

Majid, A., Danus, M., Yuniarti, E., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Mover, P., Pendahuluan, I., Pembangkitan, A. P., & Listrik, E. (2019). *Pemanfaatan Pompa Air Sebagai Prime Over*. *3*(2), 262–268.

Sentanu. (2013). Pemeliharaan Dan Pengoprasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ASOSIASI HIDRO BANDUNG. In *Wacana No. 8 / Mei - Juni 2017* (Vol. 7, Nomor 8).

Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*. *ISBN 979-8433-64-0.* Penerbit Alfabeta Bandung. *https://digilib.stekom.ac.id/ebook/view.*