STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO PANJANG UJUNG SUDU PADA PLAT L DENGAN DIAMETER TURBIN TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PADA TURBIN PELTON

Kharisma Rifqi Fajar Ramadhan
Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: kharisma.18060@mhs.unesa.ac.id

Priyo Heru Adiwibowo
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: priyoheruadiwibowo@unesa.ac.id

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan energi dari listrik juga ikut menimbulkan masalah yakni ketersediaan energi dari fosil yang sudah sedikit ketersediannya. Degan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti PLTMH diharapkan mampu menggantikan energi yang tidak ramah lingkungan. Turbin Pelton adalah salah satu jenis turbin air yang memanfaatkan potensi ketinggian air *(head)* dan dengan menggunakan debit air yang kecil sebagai sumber tenaga menggerakkan turbin. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mencari rasio terbaik dari panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter turbin yang yang mampu menghasilkan daya turbin terbesar dan efisiensi terbaik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen yang memvariasikan rasio 0, rasio 0.0295, rasio 0.0887 dan rasio 0.1479. Turbin yang digunakan memiliki spesifikasi 8 buah jumlah sudu yang kemudian diuji pada daya muat aliran dari air yang bervariasi yaitu 0.001854, 0.002005, 0.002434, dan 0.003114 dalam satuan m3/s. Turbin ini memiliki 25,4 mm diameter nozzle dan jarak semprot dengan turbin 50 mm diameter. Kemudian juga menggunakan variasi pembebanan untuk memperoleh daya turbin dan efisiensi turbinnya. Diantara variasi rasio pada penelitian ini yang memperoleh daya turbin terbesar yaitu pada rasio 0.0887 pada 0.003114 m3/s daya muat aliran dengan tanggungan yang diberi sebesar 40 kg dan 45.87 Watt dayanya. Efisiensi yang paling optimal juga diperoleh pada rasio 0.0887 saat 0.002005 m3/s daya muat aliran air dan diberi beban sebesar 15 kg bernilai efisiensi sebesar 53,70%. Dapat disimpulkan juga pada rasio 0,0887 menunjukkan hasil paling optimal dengan memperoleh daya dan efisiensi tertinggi pada setiap variasi kapasitas aliran air. Sedangkan turbin berasio 0 memuat daya serta efisiensi turbin terendah dikomparasikan turbin berasio yang lain.
Kata Kunci : Turbin, Pelton, Rasio Panjang Ujung Sudu Plat L dengan Diameter Turbin, Kinerja Turbin Pelton.

Abstract

The increasing need for energy from electricity also creates problems, namely the availability of energy from fossils which is already in short supply. By utilizing renewable energy sources such as PLTMH, it is hoped that it will be able to replace energy that is not environmentally friendly. The Pelton turbine is a type of water turbine that utilizes the potential water height (head) and uses a small water discharge as a source of power to drive the turbine. In this research, the aim is to find the best ratio of the blade tip length on the L plate to the turbine diameter which is capable of producing the largest turbine power and the best efficiency. The method used in this research is the experimental method which varies the ratio 0, ratio 0.0295, ratio 0.0887 and ratio 0.1479. The turbine used has a specification of 8 blades which are then tested on varying water flow capacities, namely 0.001854, 0.002005, 0.002434, and 0.003114 in m3/s units. This turbine has a nozzle diameter of 25.4 mm and a spray distance from the turbine of 50 mm diameter. Then also use loading variations to obtain turbine power and turbine efficiency. Among the variation of ratios in this study, the one that obtained the largest turbine power was a ratio of 0.0887 at 0.003114 m3/s flow load capacity with a load given of 40 kg and 45.87 Watts of power. The most optimal efficiency is also obtained at a ratio of 0.0887 when 0.002005 m3/s of water flow capacity and given a load of 15 kg has an efficiency of 53.70%. It can also be concluded that the ratio of 0.0887 shows the most optimal results by obtaining the highest power and efficiency for each variation of water flow capacity. Meanwhile, the 0 ratio turbine contains the lowest power and turbine efficiency compared to other ratio turbines.
Keywords: Turbine, Pelton, Ratio of L Plate Blade Tip Length to Turbine Diameter, Pelton Turbine Performance.

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan manusia yang paling penting dalam menunjang kelangsungan kehidupan di dunia ini. Salah satunya energi listrik, dalam perkembangannya energi listrik juga mengalami banyak kemajuan yang dilakukan guna memenuhi pertambahan kebutuhan energi listrik yang meningkat. Umumnya energi listrik didapatkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batubara yang merupakan sumber daya alam tidak dapat diperbarui. Meningkatnya kebutuhan energi listrik juga ikut menimbulkan masalah baru yakni ketersediaan energi fosil yang semakin menipis. Seperti yang kita ketahui bahwa persediaan sumber daya alam yang berasal dari fosil ini sangat terbatas jika kita gunakan terus menerus akan habis. Disamping itu, harga dari sumber energi tersebut semakin melonjak dan juga berdampak buruk bagi lingkungan karena polusi yang ditimbulkan. Dengan demikian pemanfaatan sumber energi yang ramah lingkungan seperti angin, air, matahari, panas bumi dan sebagainya diharapkan

dapat diupayakan dengan baik agar mampu menggantikan energi yang tidak terbarukan.

Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan adalah air, yang mampu menghasilkan energi dalam jumlah yang cukup besar dengan biaya yang rendah. Pemerintah juga ikut mendukung dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 yang menetapkan kebijakan yang bertujuan untuk penjaminan ketersediaan pasokan energi dalam negeri. Salah satunya ditempuh dengan meningkatkan peran energi baru dan terbarukan lainnya, termasuk didalamnya penggunaan tenaga air menjadi lebih dari 5% pada tahun 2025 (Perpres No. 5, 2006). Terlebih lagi dalam hal ini letak geografis Indonesia yang wilayahnya terdiri dari 63% perairan. Dialiri oleh banyak sungai, danau dan air terjun yang menjadi ruang potensial untuk berkembangnya pembangkit listrik tenaga air di Indonesia.

Potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang mencukupi, memiliki aliran yang sesuai, dan dapat dimanfaatkan untuk PLTMH ditemukan pada aliran sungai. PLTMH adalah pembangkit listrik berskala kecil yang memanfaatkan fluida air sebagai tenaga penggeraknya dari saluran irigasi, sungai, dan air terjun dengan memanfaatkan tinggi aliran (*head*) dan jumlah debit air. (Dwiyanto dkk., 2016).

Pada penelitian yang dilakukan (Fernanda & Adiwibowo, 2021) Variasinya dilakukan pada ukuran diameter ujung nozzle yang mencakup 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Pengujian dilakukan pada kapasitas aliran air yang bervariasi antara 12, 16, dan 20 LPM. Selama pengujian, beban mulai dari 500 gram diterapkan dan kemudian ditingkatkan sebanyak 500 gram secara bertahap hingga turbin berhenti berputar. Yang memperoleh daya turbin tertingginya pada 8 mm diameter nozzle dengan daya muat air 20 LPM dan pemberian beban 5000 gr berdaya 2,508 Watt. Efisiensi paling optimalnya dicapai pada diameter nozzle 12 mm dengan kapasitas air 12 LPM. Pada pemberian beban sebesar 1000 gram, mencapai efisiensi sebesar 57,51%. Sementara itu, daya terendah turbin dan efisiensi terendah terjadi pada nozzle berdiameter 12 mm dengan kapasitas air 16 LPM, menghasilkan daya sebesar 0,053 Watt dan efisiensi sebesar 6,87% saat diberi beban sebesar 2500 gram.

Dalam penelitian lainnya yang dilaksanakan (Anggriani & Adiwibowo, 2021) dengan Eksperimen dilakukan untuk memeriksa bagaimana variasi panjang pada ujung sudu berpenampang L mempengaruhi kinerja Turbin Crossflow Poros Horizontal. Eksperimen ini melibatkan pemberian variasi panjang pada ujung sudu yang berpenampang L dibandingkan dengan turbin yang tidak memiliki sudu. Variasi panjang pada ujung sudu mencakup ukuran 10, 15, 20, dan 25 mm. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi pada kapasitas air sebesar 9,572, 11,024, 14,322, 16,152, dan 18,113 L/detik. serta variasi pemberian beban dari 500 gram dan ditambahkan 500 gram terus hingga turbin berhenti berputar. Turbin dengan panjang ujung sudu sebesar 10 mm menunjukkan kinerja terbaik dibandingkan dengan panjang ujung sudu 15 mm, 20 mm, dan 25 mm. Turbin tersebut mencatat daya tertinggi pada kapasitas air 18,113 L/detik, dengan pemberian beban 9000 gram menghasilkan daya sebesar 5,912 Watt. Efisiensi paling optimal juga terjadi pada turbin dengan panjang ujung sudu 10 mm pada kapasitas 11,024 L/detik, dengan pemberian beban 4000 gram mencapai 82,94%. Sebaliknya, turbin tanpa panjang ujung sudu menunjukkan kinerja paling rendah dibandingkan dengan turbin lainnya. Keunggulan turbin dengan panjang ujung sudu 10 mm terletak pada kemampuannya dalam memanfaatkan aliran air dengan efisien, serta jarak yang cukup antara sudu-sudu, sehingga mampu menampung lebih banyak air, menghasilkan putaran per menit (RPM) tinggi, dan menghasilkan torsi besar bahkan dengan peningkatan beban yang signifikan.

Penelitian serupa dilakukan sebelumnya oleh (Prabowo & Adiwibowo, 2018)yang bereksperimen mengenai kinerja turbin reaksi aliran vortex dengan variasi panjang sisi lurus pada ujung sudu berpenampang L.mendapatkan hasil penelitian daya tertinggi yang dihasilkan oleh turbin reaksi terdapat pada turbin dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 13,4434 L/detik yaitu 35,65 Watt pada pembebanan 35000 gram. Efisiensi turbin tertinggi terdapat pada turbin dengan panjang ujung sudu 5 cm pada kapasitas 9,3092 L/detik yaitu 48,47% di pembebanan 25000 gram. Menurutnya pertambahan panjang ujung sudu pada turbin aliran vortex tipe sudu berpenampang L sangat mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan sampai dimana panjang ujung sudu paling optimal adalah 5 cm dan setelah itu daya dan efisiensi mengalami penurunan.

Pada penelitian dimana telah dilakukan sebelumnya memberikan berbagai inovasi untuk mencapai kinerja turbin yang optimal pada aliran turbin vortex dan turbin reaksi aliran crossflow. Dengan demikian peneliti akan melakukan penelitian untuk dapat mengoptimalkan daya dan efisiensi pada turbin dengan memvariasikan rasio panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter turbin pada turbin pelton. Peneliti berharap bahwa temuan dari penelitian ini dapat menghasilkan turbin Pelton yang memiliki kinerja lebih baik dalam hal efisiensi dan daya, sehingga dapat digunakan untuk turbin skala kecil di pemukiman yang memiliki potensi, sehingga energi terbarukan dapat dimanfaatkan secara lebih optimal.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui keterkaitan pada sebab dan akibat diantara variasi faktor pada penelitian ini.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul "Studi Eksperimental Pengaruh Rasio Panjang Ujung Sudu Pada Plat L Dengan Diameter Turbin Terhadap Daya Dan Efisensi Turbin *Pelton*" ini diujikan di Laboratorium Mekflu (Mekanika Fluida) di

UNESA Universitas Negeri Surabaya

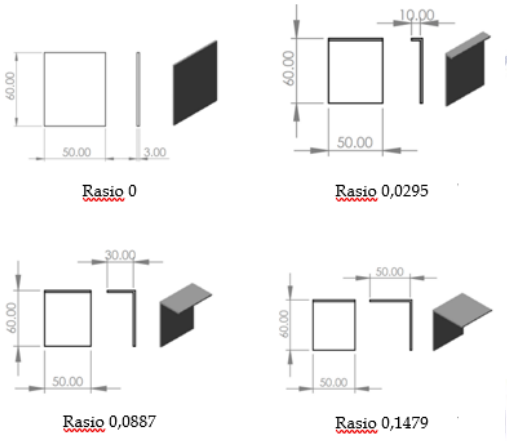
gedung A8 lt.2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Penelitian ini dilakukan sesudah proposal skripsi disidangkan dan disetujui sampai dengan segala data dan analisa terkait yang diperlukan terpenuhi.

Variabel Penelitian

Variabel bebas

Dalam penelitian ini, variabel bebasnya diperoleh melalui perbandingan panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter turbin. Hasilnya menghasilkan empat variasi rasio, yaitu rasio 0, rasio 0,0295, rasio 0,0887, dan rasio 0,1479.



Gambar 1. Desain sudu variasi rasio

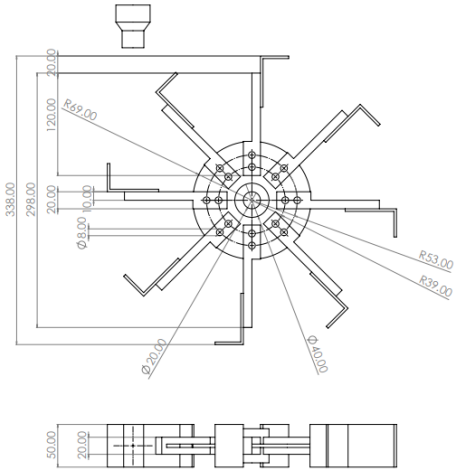
Variabel Terikat

Dalam penelitian ini, variabel terikatnya parameter yang diamati adalah kinerja daya dan efisiensi dari turbin Pelton.

Variabel Kontrol

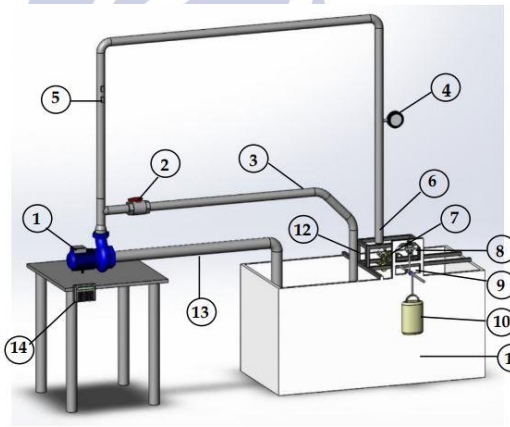
Dalam penelitian ini, faktor yang dikendalikan adalah sebagai berikut:

a. Fluida kerja penelitian ini menggunakan air.
b. *Nozzle* yang digunakan memiliki diameter 25.4 mm dan jarak semprot ujung *nozzle* dengan diameter turbin 50 mm.
c. Menggunakan turbin dengan jumlah sudu 8 buah.
d. Turbin yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter luar 338 mm.
e. Beragam kapasitas air yang dimanfaatkan termasuk 0,001854 m3/s, 0,002005 m3/s, 0,002434 m3/s, dan 0,003114 m3/s.
f. Pada laju aliran air sebesar 0,001854 m3/s, beban diberikan dalam rentang 5 kg, 10 kg, 12 kg, dan 15 kg.
g. Saat aliran air mencapai 0,002005 m3/s, beban varian terdiri dari 5 kg, 10 kg, 15 kg, 17 kg, 20 kg, dan 21 kg.
h. Pada aliran air setinggi 0,002434 m3/s, beban berubah dari 5 kg hingga 41 kg, dengan peningkatan sebesar 5 kg.
i. Aliran air setinggi 0,003114 m3/s menampilkan variasi beban mulai dari 5 kg hingga 75 kg, dengan kenaikan bertahap sesuai dengan 5 kg.



Gambar 2. Desain *Runner*

Peralatan dan Instrumen Penelitian



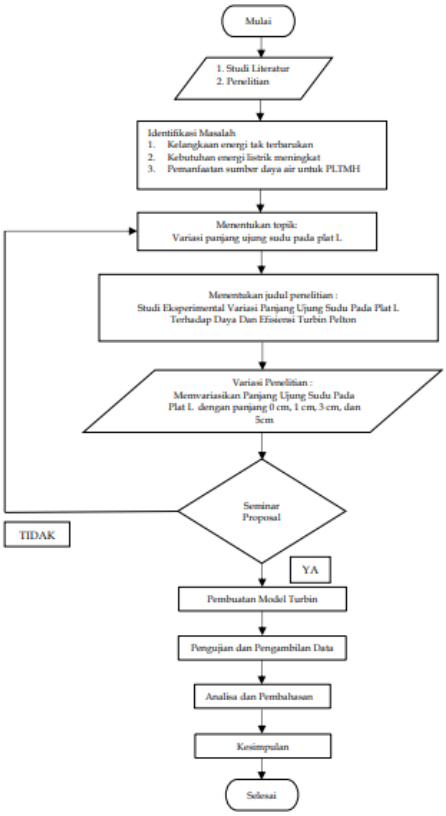
Gambar 3. Desain Rancangan PLTMH

Keterangan:

1. Alat Pemompa
2. Katup Pengatur
3. Pipa Saluran Pembuangan
4. Alat Ukur Tekanan
5. Transduser
6. Alat Semprot
7. Mesin Turbin Pelton
8. Alat Penimbang
9. Pengereman Prony
10. Beban yang Diberikan
11. Wadah Penyimpanan Air
12. Struktur Tempat Berputarnya Turbin
13. Pipa Saluran Hisap
14. Alat Pengukur Aliran Ultrasonik Digital

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Diagram alir penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data penelitian ini, dilakukan pengukuran atau pengujian terhadap objek yang sedang dianalisis, dan hasilnya dicatat.

Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, data diambil menggunakan perangkat pengukur, kemudian hasilnya dimasukkan ke dalam tabel, dihitung secara teoritis, dan kemudian akan disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah pemahaman. Tindakan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai kinerja perangkat yang optimal, serta hubungan antara berbagai variabel dan fenomena yang terjadi selama proses pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan. Alat *Digital Flowmeter* digunakan untuk mengukur kapasitas air, neraca digunakan mengukur beban, dan *tachometer* digunakan untuk mengukur putaran turbin. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengambilan data kemudian dihitung dengan rumus, dan penyajian data dilakukan dengan tabel serta grafik untuk memberikan perbandingan nilai dari masing-masing variasi yang digunkan. Berikut penggunaan rumus untuk perhitungan memperoleh data:

- Luas Penampang Ujung *Nozzle* (A)

  $A=1/4\ \pi.\ d^2$ .....(1)

  Dengan:

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

  d = Diameter dalam *nozzle* (m)

- Kecepatan Aliran Air (v)

  $v = \frac{Q}{A}$ .....(2)

  Dengan:

  v = Kecepatan aliran (m/s)

  Q = Debit aliran air (m^3/s)

  A = Luasan ujung nossel (m^2)

- Kecepatan Anguler/tangensial (ω)

  $\omega = \frac{2\ .\ \pi\ .\ n}{60}$ ..... (3)

  Dengan:

  ω = Kecepatan anguler / tangensial (rad/s)

  n = Putaran turbin (rpm)

- Gaya (F)

  $F\ =\ m.\ g$ ..... (4)

  Dengan:

  F = Gaya (N)

  m = Beban (Kg)

  g = Gravitasi (9,81 m/s^2)

- Torsi (T)

  $T\ =\ F.\ r$ ..... (5)

  Dengan:

  T = Torsi (N.m)

  F = Gaya (N)

  r = Lengan/jari-jari (m)

- Daya Air (Pa)

  $Pa\ =\ Pk\ +\ Pp$ ..... (6)

  $Pk = \frac{1}{2}\ .\ \rho\ .\ A\ .\ v^3$ ..... (7)

  $Pp = Q\ .\ Ph$ ..... (8)

  Dengan:

  Pa = Daya air (watt)

  Pk = Daya Kinetik (watt)

  Pp = Daya Potensial (watt)

  A = Luas Ujung Nozzle (m^2)

  ρ = Massa jenis (kg/m^3)

  v = Kecepatan Aliran (m/s)

  Ph = Tekanan Air (N/m^2)

  Q = Debit aliran turbin (m^3/s)

- Daya Turbin (Pt)

  $Pt\ =\ T.\ \omega$ ..... (9)

  Dengan:

  Pt = Daya turbin (Watt)

  T = Torsi (N.m)

  ω = Kecepatan angular (rad/s)

UNESA Universitas Negeri Surabaya

- Efisiensi Turbin

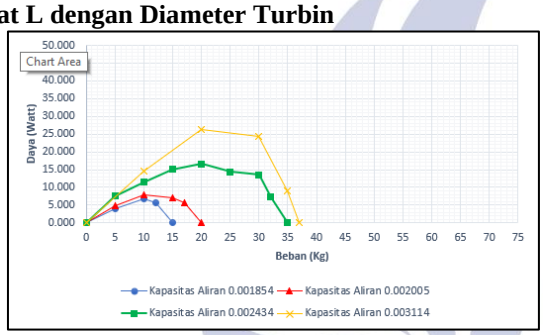
$$\eta = \frac{Pt}{Pa}.100\% \quad \text{..... (10)}$$

Dengan:
η = Efisiensi turbin
Pt = Daya turbin (Watt)
Pa = Daya air (Watt)

Pembahasan

Data yang dihasilkan digunakan perhitungan daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berdasarkan kapasitas aliran air pada setiap variasi bukaan katup yang digunakan.

Pengaruh Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Rasio Panjang Ujung Sudu Plat L dengan Diameter Turbin

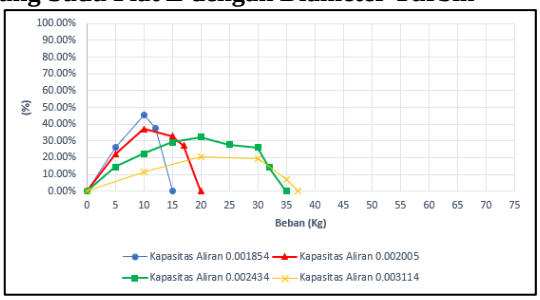


Gambar 4. Grafik Daya Turbin Pelton Rasio 0

Pada Gambar 4, turbin dengan rasio 0 menunjukkan peningkatan daya yang konsisten seiring dengan peningkatan kapasitas aliran air. Pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s, turbin dengan rasio 0 mencapai daya turbin tertinggi pada beban 10 kg, mencapai 6,816 Watt. Ketika beban mencapai 15 kg, turbin berhenti berputar. Pada variasi kapasitas aliran air 0,002005 m3/s, turbin mencapai daya tertinggi pada beban 10 kg, yaitu 7,903 Watt. Ketika beban mencapai 20 kg, turbin berhenti berputar. Pada variasi kapasitas aliran air 0,002434 m3/s, turbin mencapai daya tertinggi pada beban 20 kg, mencapai 16,661 Watt. Ketika beban mencapai 35 kg, turbin berhenti berputar. Pada variasi kapasitas aliran air 0,003114 m3/s, turbin mencapai daya tertinggi pada beban 20 kg, yaitu 26,395 Watt. Ketika beban mencapai 37 kg, turbin berhenti berputar.

Diperoleh kesimpulan bahwa nilai daya turbin tertinggi dengan rasio 0 yaitu pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s dengan pemberian beban 20 kg sebesar 26,395 Watt. Disebabkan bahwa kapasitas aliran air yang terus bertambah juga mempengaruhi gaya dorong air pada sudu turbin yang juga mengalami peningkatan sehingga putaran turbin semakin besar. Dengan demikian daya yang dihasilkan turbin semakin besar pula begitu juga sebaliknya. Meskipun pada titik tertentu nilai daya yang dihasilkan terjadi penurunan karena semakin bertambahnya pembebanan yang diberikan maka diperlukan gaya yang semakin besar pula agar turbin tetap berputar.

Dampak Variasi Kapasitas Aliran Air Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Perbandingan Panjang Ujung Sudu Plat L dengan Diameter Turbin

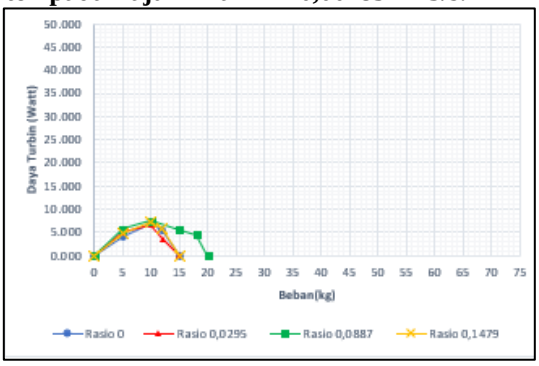


Gambar 5. Efisiensi Turbin Rasio 0

Efisiensi turbin Pelton dengan rasio 0, seperti yang terlihat dalam Gambar 5, menunjukkan pola yang konsisten. Pada laju aliran air sebesar 0,001854 m3/s, turbin mencapai efisiensi tertinggi pada beban 10 kg, mencapai 45,51%. Ketika beban mencapai 15 kg, turbin berhenti berputar. Pada laju aliran air sebesar 0,002005 m3/s, turbin mencapai efisiensi tertinggi pada beban 10 kg, yaitu 37,21%. Ketika beban mencapai 20 kg, turbin berhenti berputar. Pada laju aliran air sebesar 0,002434 m3/s, turbin mencapai efisiensi tertinggi pada beban 20 kg, yaitu 32,28%. Ketika beban mencapai 35 kg, turbin berhenti berputar. Pada laju aliran air sebesar 0,003114 m3/s, turbin mencapai efisiensi tertinggi pada beban 20 kg, yaitu 20,69%. Ketika beban mencapai 37 kg, turbin berhenti berputar.

Diperoleh kesimpulan bahwa efisiensi tertinggi rasio 0 yaitu pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s dengan pembebanan 10 kg yaitu sebesar 45,51%. Hal ini disebabkan pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s mengeluarkan daya air yang dapat dimanfaatkan dengan sangat baik sebagai gaya dorong turbin yang lebih optimal dari pada kapasitas aliran air yang lain. Sedangkan dalam kapasitas air 0,002005 m3/s, turbin dengan rasio 0 telah mengalami penurunan efisiensi seiring dengan bertambahnya kapasitas air. Dan pada kapasitas air 0,002434 m3/s dan 0,003114 m3/s turbin rasio 0 mengalami penurunan efisiensinya terus menerus. Dikarenakan tekanan yang menumbuk sudu pada kapasitas air 0,002434 m3/s dan kapasitas air 0,003114 m3/s cukup besar sehingga menimbulkan efek wiru atau acak yang dapat memungkinkan untuk memberi gaya dorong yang berlawanan. Dengan demikian aliran air keluar dari nosel kurang dapat dimanfaatkan untuk menumbuk sudu dengan optimal karena terjadi kehilangan energi yang cukup besar. Sehingga nilai efisiensi yang dihasilkan mengalami penurunan pada titik tertentu, selain itu juga dikarenakan semakin bertambahnya pembebanan yang diberikan sehingga perlu adanya gaya lebih besar agar turbin dapat terus berputar.

Dampak Variasi Rasio Terhadap Daya Turbin Pelton pada Laju Aliran Air 0,001854 m3/s.



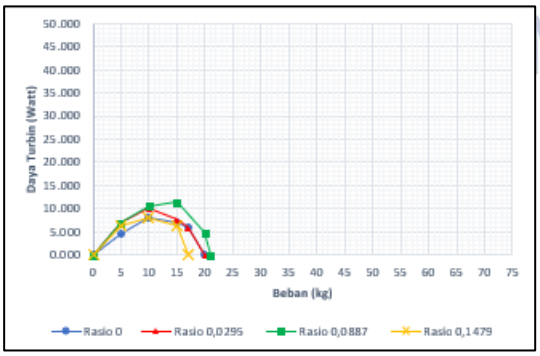
Gambar 6. Daya turbin pada kapasitas aliran air 0.001854 m^3/s

Gambar 6 memperlihatkan daya turbin Pelton pada laju aliran air 0,001854 m3/s. Turbin dengan rasio 0 mencapai puncak dayanya pada beban 10 kg, yakni 6,816 Watt, dan berhenti berputar pada beban 15 kg. Turbin rasio 0,0295 mencapai daya maksimumnya pada beban 10 kg, sebesar 6,617 Watt, dan juga berhenti berputar pada beban 15 kg. Turbin dengan rasio 0,0887 mencapai daya paling tinggi pada beban 10 kg, yakni 7,447 Watt, dan berhenti berputar pada beban 20 kg. Turbin rasio 0,1479 mencapai daya tertingginya pada beban 10 kg, yaitu 7,256 Watt, dan berhenti berputar pada beban 15 kg.

Dengan demikian, pada laju aliran air 0,001854 m3/s, puncak daya dicapai oleh turbin dengan rasio 0,0887, dengan daya tertinggi 7,447 Watt pada beban 10 kg. Meskipun tekanan air yang menumbuk turbin pada laju aliran air ini rendah, turbin rasio 0,0887 mampu memanfaatkannya secara efektif untuk memutar turbin, menghasilkan daya yang lebih tinggi daripada turbin dengan rasio 0, rasio 0,0295, dan rasio 0,1479. Namun, semakin besar pembebanan, daya turbin juga mengalami penurunan karena diperlukan gaya dorong yang lebih besar agar turbin dapat berputar.

.

Pengaruh Variasi Rasio Terhadap Daya Turbin Pelton Pada Laju Aliran Air 0,002005 m3/s.

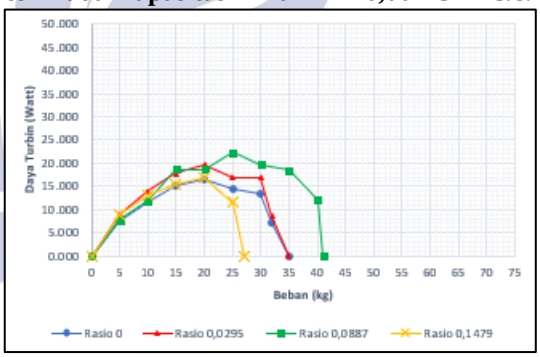


Gambar 7. Daya turbin pada kapasitas aliran air 0.002005 m^3/s

Gambar 7 menampilkan daya turbin Pelton pada laju aliran air 0,002005 m3/s. Turbin dengan rasio 0 mencapai daya maksimumnya pada beban 10 kg, sebesar 7,903 Watt, dan berhenti berputar pada beban 20 kg. Turbin rasio 0,0295 mencapai daya tertingginya pada beban 10 kg, yaitu 9,988 Watt, dan juga berhenti berputar pada beban 20 kg. Turbin rasio 0,0887 mencapai daya paling tinggi pada beban 15 kg, yakni 11,404 Watt, dan berhenti berputar pada beban 21 kg. Turbin rasio 0,1479 mencapai daya maksimumnya pada beban 10 kg, sebesar 8,098 Watt, dan berhenti berputar pada beban 17 kg.

Secara keseluruhan, pada laju aliran air 0,002005 m3/s, turbin dengan rasio 0,0887 mencapai daya tertinggi, yaitu 11,404 Watt pada beban 15 kg. Daya turbin yang lebih tinggi diperoleh dari putaran turbin yang lebih besar, dan sebaliknya. Namun, penurunan daya terjadi ketika pembebanan semakin besar karena diperlukan gaya dorong yang lebih besar agar turbin tetap berputar. Pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s mampu dimanfaatkan untuk menumbuk sudu turbin dengan baik oleh rasio 0,0887 sehingga dapat menggerakkan turbin lebih optimal dibandingkan turbin dengan rasio 0, rasio 0,0295, dan rasio 0,1479. Sedangkan turbin dengan rasio 0 atau turbin yang tanpa panjang ujung sudu atau dengan panjang ujung sudu pada plat L sebesar 0 cm memperoleh daya turbin yang lebih rendah dibandingkan dengan rasio yang lain.

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



Gambar 8. Grafik Hasil Daya turbin pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s

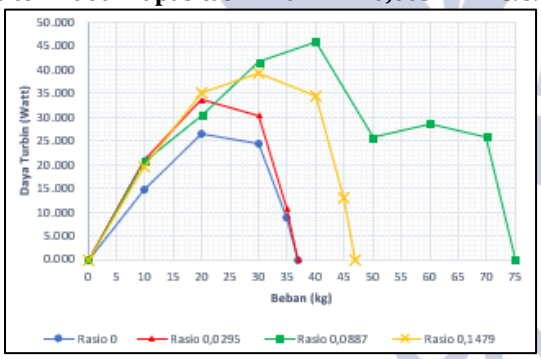
Gambar 8 menggambarkan daya turbin Pelton pada laju aliran air 0,002434 m3/s. Turbin dengan rasio 0 mencapai puncak dayanya pada beban 20 kg, dengan daya mencapai 16,661 Watt, dan berhenti berputar pada beban 35 kg. Turbin dengan rasio 0,0295 mencapai daya tertingginya pada beban 20 kg, yakni 19,758 Watt, dan juga berhenti berputar pada beban 35 kg. Turbin rasio 0,0887 mencapai daya paling tinggi pada beban 25 kg, yakni 22,295 Watt, dan berhenti berputar pada beban 41 kg. Turbin dengan rasio 0,1479 mencapai daya maksimumnya pada beban 20 kg, sebesar 16,838 Watt, dan berhenti berputar pada beban 27 kg.

Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai daya tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 25 kg yaitu 22,295 Watt. Namun jika dilihat pada pembebanan awal antara 0 sampai 20 kg rasio 0,0887 belum terlihat mengalami peningkatan daya yang

cukup besar dibandingkan dengan rasio 0, rasio 0,0295 dan rasio 0,1479 yang mengalami peningkatan daya lebih signifikan pada pembebanan 0 sampai 20 kg dan setelahnya mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 35 kg. Pada rasio 0,0887 peningkatan daya terlihat lebih stabil sampai titik tertingginya yaitu pada pembebanan 25 kg, kemudian turun perlahan sampai berhenti berputar pada pembebanan 41 kg.

Hal ini dikarenakan pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s yang menumbuk sudu turbin menghasilkan efek aliran acak pada turbin sehingga memungkinkan terjadinya umpan balik pada tekanan yg belawanan. Dengan pembebanan kecil antara 0 sampai 20 kg, turbin dengan rasio 0,0887 dan rasio 0,1479 mengalami tekanan dorong yang berlawan arah cukup besar. Sehingga peningkatan daya terjadi tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan rasio 0 dan rasio 0,0295. Namun dari grafik peningkatan daya pada rasio 0,0887 terlihat lebih stabil dan mampu memanfaatkan dengan baik kapasitas aliran air 0,002434 m3/s untuk dapat menggerakkan turbin lebih optimal dibandingkan turbin dengan rasio 0, rasio 0,0295, dan rasio 0,1479. Sedangkan turbin dengan rasio 0 atau turbin yang tanpa ujung atau dengan panjang ujung sudu pada plat L sebesar 0 cm memiliki daya turbin yang paling rendah dibandingkan turbin dengan rasio yang lain.

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



Gambar 9. Grafik hasil daya turbin kapasitas aliran air 0,003114 m3/s

Gambar 9 menampilkan daya turbin Pelton pada laju aliran air 0,003114 m3/s. Turbin dengan rasio 0 mencapai daya maksimumnya pada beban 20 kg, dengan daya mencapai 26,395 Watt, dan berhenti berputar pada beban 37 kg. Turbin dengan rasio 0,0295 mencapai daya tertingginya pada beban 20 kg, yakni 33,656 Watt, dan juga berhenti berputar pada beban 37 kg. Turbin rasio 0,0887 mencapai daya paling tinggi pada beban 40 kg, yakni 45,877 Watt, dan berhenti berputar pada beban 75 kg. Turbin dengan rasio 0,1479 mencapai daya maksimumnya pada beban 30 kg, sebesar 39,154 Watt, dan berhenti berputar pada beban 47 kg.

Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai daya turbin tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 40 kg yaitu 45,877 Watt. Namun jika dilihat pada pembebanan awal antara 0 sampai 20 kg rasio 0,0887 belum terlihat mengalami peningkatan daya yang cukup besar dibandingkan dengan rasio 0 dan rasio 0,0295 yang mengalami peningkatan daya lebih signifikan pada awal pembebanan 0 sampai 20 kg dan setelahnya mengalami penurunan daya hingga turbin berhenti berputar pada pembebanan 37 kg. Pada rasio 0,0887 peningkatan daya terlihat lebih stabil sampai titik tertingginya yaitu pada pembebanan 40 kg, kemudian turun cukup fluktuatif sampai berhenti berputar pada pembebanan 75 kg. Dengan demikian penurunan daya dikarenakan pemberian beban semakin bertambah sehingga membutuhkan gaya dorong yang besar pula agar turbin mampu berputar.

Hal ini dikarenakan pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s yang keluar menumbuk sudu turbin mampu dimanfaatkan dengan baik oleh rasio 0,0887 sehingga dapat menggerakkan turbin lebih optimal menghasilkan daya turbin yang lebih besar dibandingkan turbin dengan rasio 0, rasio 0,0295, dan rasio 0,1479. Sedangkan turbin dengan rasio 0 atau turbin yang tanpa ujung atau dengan panjang ujung sudu pada plat L sebesar 0 cm memiliki daya turbin yang paling rendah dibandingkan turbin dengan rasio yang lain.

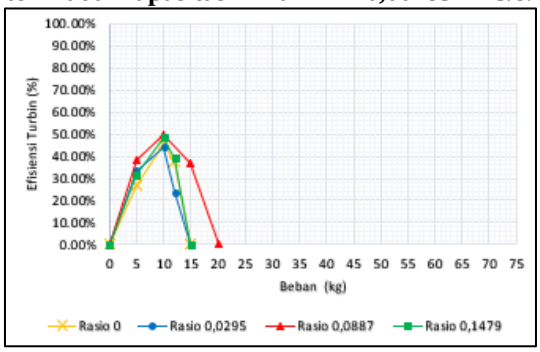
Dari penjelasan di atas, terlihat bahwa variasi rasio panjang ujung sudu plat L dengan diameter turbin pelton poros horizontal memiliki dampak pada daya turbin. Pada laju aliran air 0,001854 m3/s, daya tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 pada beban 10 kg, mencapai 7,447 Watt. Pada laju aliran air 0,002005 m3/s, daya tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 pada beban 15 kg, yakni 11,404 Watt. Pada laju aliran air 0,002434 m3/s, daya tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 pada beban 25 kg, yaitu 22,295 Watt. Sementara itu, pada laju aliran air 0,003114 m3/s, daya tertinggi terjadi pada rasio 0,0887 pada beban 40 kg, dengan nilai 45,877 Watt.

Dalam penelitian ini, dari ketiga variasi rasio, daya tertinggi terjadi pada rasio 0,0887 dengan laju aliran 0,003114 m3/s pada beban 40 kg, mencapai 45,877 Watt. Rasio 0,0887 juga menunjukkan hasil yang optimal dengan daya terbaik dan tertinggi pada setiap variasi laju aliran air. Di sisi lain, turbin dengan rasio 0 atau tanpa panjang ujung sudu pada plat L, atau dengan panjang ujung sudu 0 cm, memiliki daya turbin yang paling rendah dibandingkan dengan rasio lain.

Hal ini berdasar turbin dengan variasi rasio panjang ujung sudu memiliki tambahan penampang di ujung sudunya sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan aliran air keluaran nosel dengan baik untuk dijadikan putaran turbin dan torsi lebih tinggi serta dapat bertahan pada pembebanan tinggi. Namun pada rasio 0,1479 mengalami penurunan kinerja dengan memiliki nilai daya yang lebih rendah dari rasio 0,0887 karena jarak antar ujung sudu sangat berdekatan sehingga aliran air tidak dapat dimanfaatkan sudu dengan optimal. Sehingga rasio panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter

turbin memiliki titik optimum untuk kinerja turbinnya.

Pengaruh Variasi Rasio Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,001854 m3/s.

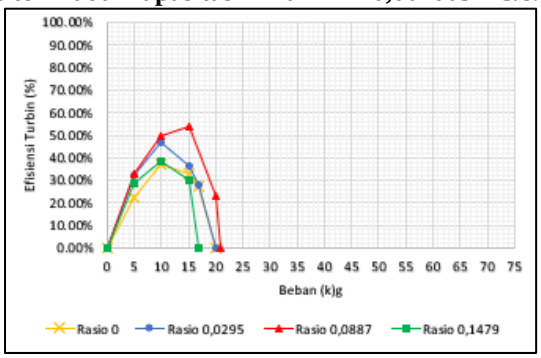


Gambar 10. Grafik hasil efisiensi turbin kapasitas aliran air 0,001854m3/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s ditunjukkan pada Gambar 10. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0 dalam pembebanan 10 kg sebesar 45,51%. Dan pada pembebanan 15 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0295 dalam pembebanan 10 kg sebesar 44,17%. Dan pada pembebanan 15 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0887 dalam pembebanan 10 kg sebesar 49,72%. Dan pada pembebanan 20 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,1479 dalam pembebanan 10 kg sebesar 48,44%. Dan pada pembebanan 15 kg turbin berhenti berputar.

Dapat diambil kesimpulan bahwa efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 10 kg yaitu sebesar 49,72%. Pada kapasitas air 0,001854 m3/s tekanan yang menumbuk sudu turbin begitu rendah sehingga gaya dorong untuk memutar turbin juga ikut rendah. Namun pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s mampu dimanfaatkan untuk menumbuk sudu turbin dengan baik oleh rasio 0,0887. Sehingga dapat menggerakkan turbin lebih optimal dibandingkan turbin dengan rasio 0, rasio 0,0295, dan rasio 0,1479.

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

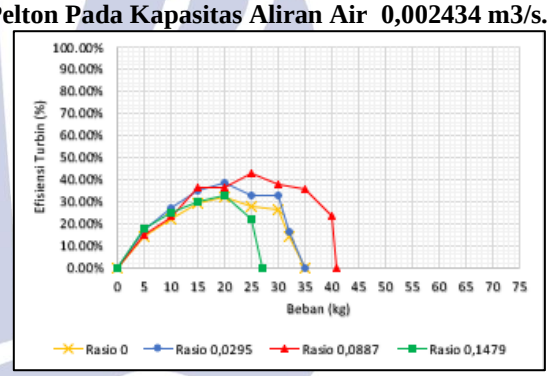


Gambar 11. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s ditunjukkan pada Gambar 11. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0 dalam pembebanan 10 kg sebesar 37,21%. Dan pada pembebanan 20 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0295 dalam pembebanan 10 kg sebesar 47,03%. Dan pada pembebanan 20 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0887 pada pembebanan 15 kg sebesar 53,70%. Dan pada pembebanan 21 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,1479 pada pembebanan 10 kg sebesar 38,14%. Dan pada pembebanan 17 kg turbin berhenti berputar.

Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 15 kg yaitu 53,70%. Turbin dengan variasi rasio 0,0279 , rasio 0,0887, dan rasio 0,1479 jika dibandingkan dengan rasio 0 maka efisiensi terendah berada pada turbin dengan rasio 0 dengan perolehan efisiensi sebesar 37,21% pada pembebanan 10 kg.

Pengaruh Variasi Rasio Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Pada Kapasitas Aliran Air 0,002434 m3/s.

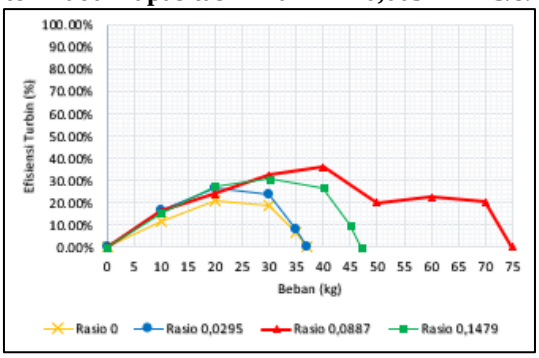


Gambar 12. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s ditunjukkan pada Gambar 12. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0 dalam pembebanan 20 kg sebesar 32,28%. Dan pada pembebanan 35 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0295 dalam pembebanan 20 kg sebesar 38,28%. Dan pada pembebanan 35 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0887 dalam pembebanan 25 kg sebesar 43,19%. Dan pada pembebanan 41 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,1479 dalam pembebanan 20 kg sebesar 32,62%. Dan pada pembebanan 27 kg turbin berhenti berputar.

Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 25 kg yaitu 43,19%. Turbin dengan variasi rasio 0,0279 , rasio 0,0887, dan rasio 0,1479 jika dibandingkan dengan rasio 0 maka efisiensi terendah berada pada turbin dengan rasio 0 dengan perolehan efisiensi sebesar 32,28% pada pembebanan 20 kg.

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



Gambar 13. Grafik efisiensi turbin pada kapasitas aliran air 0,003114 m^3/s

Efisiensi turbin pelton pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s ditunjukkan pada Gambar 13. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0 dalam pembebanan 20 kg sebesar 20,69%. Dan pada pembebanan 37 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0295 dalam pembebanan 20 kg sebesar 26,39%. Dan pada pembebanan 37 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,0887 dalam pembebanan 40 kg sebesar 35,97%. Dan pada pembebanan 75 kg turbin berhenti berputar. Efisiensi turbin tertinggi pada rasio 0,1479 dalam pembebanan 30 kg sebesar 30,70%. Dan pada pembebanan 47 kg turbin berhenti berputar.

Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s diperoleh pada rasio 0,0887 dengan pembebanan 40 kg yaitu 35,97%. Jika turbin dengan variasi rasio 0,0279 , rasio 0,0887, dan rasio 0,1479 dibandingkan dengan rasio 0 dimana efisiensi turbin terendah berada pada turbin dengan rasio 0 yang memperoleh efisiensi sebesar 20,69% pada pembebanan 20 kg. Namun pada kapasitas aliran air ini, nilai efisiensi turbin pada seluruh variasi rasio mengalami efisiensi yang menurun karena efisiensi didasarkan pada perbandingan antara daya turbin dengan daya air. Dikarenakan pada kapasitas aliran air ini daya air yang dihasilkan jauh lebih besar dari daya turbin yang didapatkan. Maka nilai efisiensinya mengalami penurunan dari kapasitas aliran air sebelumnya.

Dengan demikian menunjukkan bahwa dengan memvariasikan rasio panjang ujung sudu plat L dengan diameter turbin pelton mampu mempengaruhi nilai efisiensi pada turbin. Pada kapasitas aliran air 0,001854 m3/s efisiensi tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 dengan pembebanan 10 kg sebesar 49,72%. Pada kapasitas aliran air 0,002005 m3/s efisiensi tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 dengan pembebanan 15 kg yaitu 53,70%. Pada kapasitas aliran air 0,002434 m3/s efisiensi tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 dengan pembebanan 25 kg yaitu 43,19%. Sedangkan pada kapasitas aliran air 0,003114 m3/s efisiensi tertinggi dicapai oleh rasio 0,0887 dengan pembebanan 40 kg sebesar 35,97%.

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan dari keempat rasio, efisiensi tertinggi terletak pada rasio 0,0887 dengan kapasitas aliran air 0,002005 m3/s pada pembebanan 15 kg dengan nilai efisiensi sebesar 53,70%. Dan juga pada rasio 0,0887 menunjukkan hasil paling optimal dengan memperoleh efisiensi terbaik dan tertinggi pada setiap variasi kapasitas aliran air. Sedangkan turbin dengan rasio 0 atau yang tanpa panjang ujung sudu pada plat L atau dengan panjang ujung sudu 0 cm memiliki daya turbin yang paling rendah dibandingkan dengan rasio yang lain. Dikarenakan efisiensi turbin dipengaruhi oleh besarnya nilai antara daya turbin dan daya air. Sehingga penambahan kapasitas aliran air juga ikut mempengaruhi besarnya daya air yang seharusnya juga berbanding lurus dengan besarnya daya turbin yang dihasilkan. Namun dalam praktiknya turbin mengalami kehilangan beberapa energi dari daya air yang dimanfaatkan untuk menumbuk sudu turbin untuk dapat diubah menjadi putaran dan torsi turbin.

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisis terhadap dampak rasio panjang ujung sudu pada plat L terhadap diameter turbin terhadap daya dan efisiensi pada turbin pelton, berikut adalah beberapa kesimpulan yang diperoleh oleh peneliti:

- Daya turbin tertinggi diperoleh pada turbin dengan rasio 0,0887 dalam kapasitas aliran 0,003114 m3/s pada pembebanan 40 kg dengan nilai daya 45,877 Watt. Dan juga pada rasio 0,0887 menunjukkan hasil paling optimal dengan memperoleh daya terbaik dan tertinggi pada setiap variasi kapasitas aliran air. Sedangkan turbin dengan rasio 0 memiliki daya turbin yang paling rendah dibandingkan turbin dengan variasi rasio panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter turbin yang lain.
- Efisiensi turbin tertinggi diperoleh pada turbin dengan rasio 0,0887 dalam kapasitas aliran air 0,002005 m3/s pada pembebanan 15 kg dengan nilai efisiensi sebesar 53,70%. Dan juga pada rasio 0,0887 menunjukkan hasil paling optimal dengan memperoleh efisiensi terbaik dan tertinggi pada setiap variasi kapasitas aliran air. Sedangkan turbin dengan rasio 0 memiliki efisiensi turbin terendah dibandingkan turbin dengan variasi rasio panjang ujung sudu pada plat L dengan diameter turbin yang lain.

Saran

Kemudian setelah dilakukannya penelitian ini memperoleh hasil penelitian, pengujian dan analisa. Penulis memberikan saran agar penelitian berikutnya, dapat melakukan modifikasi pada bentuk sudu turbin dan juga dapat memvariasikan sudut sudu Plat L yang awalnya hanya 90° menjadi bervariasi untuk mengatasi tertutupnya permukaan sudu oleh semakin bertambahnya

panjang ujung sudu. Agar diharapkan memiliki daya dan efisiensi yang lebih tinggi dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anggriani, D. P., & Adiwibowo, P. H. (2021). *Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pada Ujung Sudu Berpenampang L Terhadap Kinerja Turbin Crossflow. Jurnal Teknik Mesin*,(Vol. 9, No.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).

Fernanda, A. D., & Adiwibowo, P. H. (2021). Pengaruh Variasi Diameter dan Jarak Nosel Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Pelton. *In Jurnal Teknologi* (Vol. 14, Issue 2).https://doi.org/10.34151/jurtek.v14i2.3716

Ilham Prabowo, B., & Heru Adiwibowo, P. (2018). *EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN REAKSI ALIRAN VORTEX TIPE SUDU BERPENAMPANG L DENGAN VARIASI PANJANG SISI LURUS PADA UJUNG SUDU*. *Jurnal Teknik Mesin,* (Vol. 6, No.1).

Perpres No. 5. (2006). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006.*

Hadimi, Supandi, & Rohermanto, A. (2006). Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulasi / Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi Dan Mekanika Fluida. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 9(1), 16–24.

Mulyadi, Margianto, & Marliana, E. (2017). Pengaruh Jarak Semprot Nozzle Terhadap Putaran Poros Turbin Dan Daya Listrik Yang dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton. Forum Teknik, 30(1), 18–24.

Riadi, M. (2016). Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

Jaedun, A. (2011). Oleh : Amat Jaedun. Metodologi Penelitian Eksperimen, 0–12.

UNESA Universitas Negeri Surabaya