



Studi Eksperimental Variasi Bentuk Sudu Dan Sudut Terhadap Kinerja Turbin Pelton

Putra Aji Pratama^{1*)}, Muhammad Malyadi², Yoga Arob Wicaksono³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo, 63471

e-mail: putraaji.pratama1998@gmail.com

ABSTRAK

Turbin Pelton menjadi pilihan terbaik untuk memanfaatkan sumber energi air dengan memiliki luas aliran yang sempit dan kecepatan aliran yang tinggi. Turbin air yang digunakan dengan tipe variasi Sudu Semi-Circle, Sudu Elliptic 1, Sudu Elliptic 2. Hasil pengujian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran terbaik pada beban 300 gram diperoleh pada jenis sudu Semi-Circle dengan hasil sebesar 555,8 Rpm. Pada beban 600 gram diperoleh Rpm tertinggi pada jenis sudu Elliptic 1 dengan hasil 318,8 rpm. Efisiensi terbaik pada beban 300 gram diperoleh pada jenis sudu Semi-Circle dengan hasil sebesar 62 %. Pada beban 600 gram diperoleh efisiensi tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 68,5 %. Torsi terbaik pada beban 300 gram diperoleh pada jenis sudu Elliptic 1 dengan hasil sebesar 1,0166 N.m. Pada beban 600 gram diperoleh torsi tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 1,4313 N.m. Daya terbaik pada beban 300 gram diperoleh pada jenis sudu Semi-Circle dengan hasil sebesar 61,9 watt. Pada beban 600 gram diperoleh daya tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 68,4 watt. Hasil pengujian di atas, bentuk sudu yang terdapat pembelah tekanan airnya bekerja dengan baik, dimana bentuk tersebut terdapat di sudu Elliptic 1 yang mempunyai sudut 108° dan Elliptic 2 yang mempunyai sudut 85°. Dan bentuk sudu yang menghasilkan secara maksimal adalah bentuk sudu Elliptic 1 dengan sudut 108° dimana saat diberi beban 600 gram mampu menghasilkan Rpm tertinggi sebesar 383,2 Rpm, hasil tersebut disebabkan laju aliran fluida di sudu IN 0,467 m/s dan OUT 1,203 m/s.

Kata Kunci : Turbin Pelton, Variasi Sudu Dan Sudut, Sudu Semi-Circle, Sudu Elliptic

ABSTRACT

The Pelton turbine is the best choice for utilizing water energy sources by having a narrow flow area and high flow speed. The water turbine used with the type of variation of the Semi-Circle Blade, Elliptic 1 Blade, Elliptic Blade 2. The results of testing and data analysis can be concluded that the best rotation speed at a load of 300 grams is obtained on the Semi-Circle blade type with a result of 555.8 Rpm. At a load of 600 grams, the highest rpm was obtained on the Elliptic 1 blade type with a result of 318.8 rpm. The best efficiency at a load of 300 grams was obtained on the Semi-Circle blade type with a yield of 62%. At a load of 600 grams, the highest efficiency was obtained on the Elliptic 1 type with a yield of 68.5%. The best torque at a load of 300 grams is obtained on the Elliptic 1 blade type with a yield of 1.0166 N.m. At a load of 600 grams, the highest torque is obtained on the Elliptic 1 type with the result of 1.4313 N.m. The best power at a load of 300 grams is obtained on the Semi-Circle blade type with a yield of 61.9 watts. At a load of 600 grams, the highest power was obtained on the Elliptic 1 type with the result of 68.4 watts. The results of the above test, the shape of the blade that has a water pressure divider works well, where the shape is found in the Elliptic 1 blade which has an angle of 108 ° and Elliptic 2 which has an angle of 85°. And the shape of the blade that produces the maximum is the shape of the Elliptic 1 blade with an angle of 108 ° where when given a load of 600 grams it is able to produce the highest Rpm of 383.2 rpm, this result is due to the fluid flow rate in the IN blade 0.467 m/s and OUT 1.203 m/s. s.

Keywords: Pelton turbine, blade and angle variation, semi-circle blade, Elliptic blade

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang terletak digaris khatulistiwa, dengan wilayah yang begitu luas dan beragam sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan, energi

listrik mempunyai peran penting bagi kehidupan manusia. Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan seperti energi matahari (surya), energi angin (bayu), energi biomassa, energi gelombang

laut, energi air (hidro), panas bumi (geothermal), termasuk berbahan dasar limbah, penggunaan energi terbarukan di Indonesia tercatat masih sekitar 6,8%. Pemerintah terus mendorong percepatan pengembangan energi baru terbarukan yang mengacu pada Blueprint pengelolaan Energi Nasional 2010-2025 (November 2007) dan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dalam Permen No. 79 Tahun 2014, yang menargetkan presentase pemanfaatan energi terbarukan dalam pembaharuan energi nasional minimal sebesar 23% pada 2025 [1].

Turbin Pelton merupakan aplikasi paling umum di dunia hari ini untuk pembangkit listrik. Turbin ini banyak digunakan di daerah dengan kemiringan aliran air yang curam seperti waduk. Jangkauan kerjanya bervariasi dari aliran rendah ke sedang (0,1–11.000 L per detik) dan sedang ke tinggi kepala (30–1.000 m). Ada potensi besar untuk tenaga air yang belum dimanfaatkan di banyak negara berkembang [2].

Perkembangan teknologi yang semakin maju saat ini, banyak diciptakan peralatan-peralatan yang inovatif serta tepat guna. Dalam bidang Teknik Mesin terutama pada konsentrasi Konversi Energi yang diperlukan pengetahuan tentang bagaimana menghasilkan suatu sumber energi yang nantinya akan berguna untuk masyarakat luas, khususnya di penelitian ini, outputnya adalah untuk merancang desain bucket turbin pelton terbaik untuk penerapan mikrohidro.

2. Metode

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental. Tahap pertama dilakukan pembuatan desain dan bentuk variasi sudu dan bentuk sudut Turbin Pelton menggunakan software Autodesk Inventor. Desain sudu turbin pelton bervariasi dalam 3 macam yaitu,

a. Semi-Circle

Sudu ini memiliki diameter sudut 180° dimana tidak memiliki pembelah tekanan airnya.

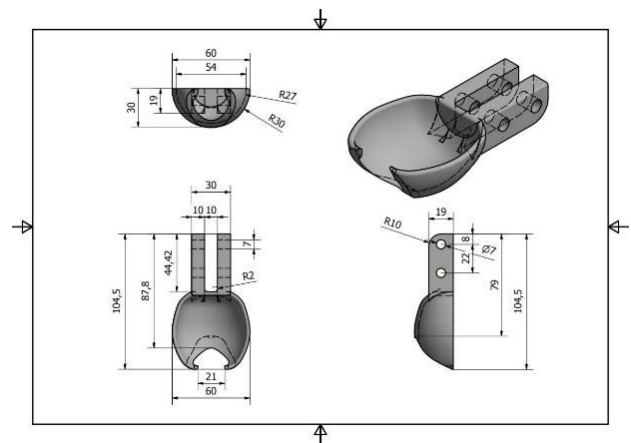
b. Elliptic 1

Sudu ini memiliki diameter sudut 85° dimana terdapat pembelah tekanan airnya.

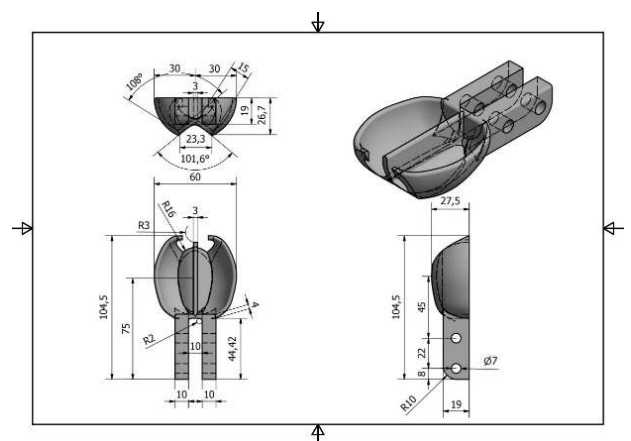
c. Elliptic 2

Sudu ini memiliki diameter sudut 108° dimana terdapat pembelah airnya.

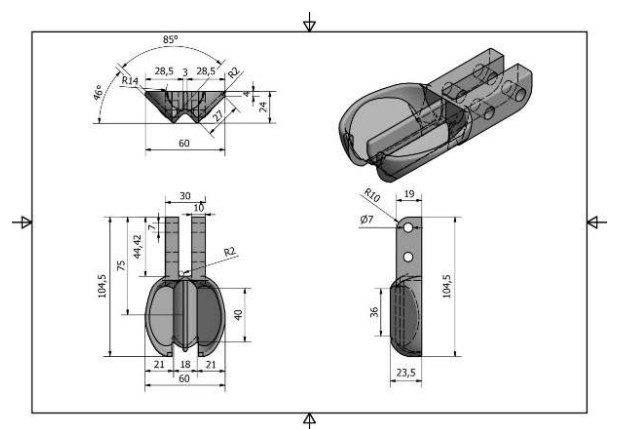
Tahap kedua, proses produksi sudu turbin pelton yang telah digambar sesuai dengan spesifikasinya menggunakan 3D Printer kemudian diuji pada perangkat eksperimen. Gambar penampang turbin pelton ditunjukkan pada Gambar 1 sampai 3.



Gambar 1. Sudu Semi-Circle.



Gambar 2. Sudu Elliptic 1.



Gambar 3. Sudu Elliptic 2.

Prosedur pengujian turbin sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan runner dan sudu yang akan diuji, dan di pasang tepat semprotan nozel.
- 2) Membuka katup bypass secara penuh, kemudian tekan tombol ON untuk menyalakan pompa, setelah menyala, buka katup menuju nozel secara perlahan sampai terbuka penuh, kemudian tutup katup bypass untuk mendapatkan aliran penuh, kemudian tunggu sampai sistem berjalan dengan baik.

- 3) Kemudian dilanjutkan dengan pengecekan tachometer, flowmeter dan pressure gauge apakah sudah bekerja maksimal sesuai kapasitas pompa.
- 4) Untuk kecepatan, debit air konstan dengan memvariasikan beban, beban diatur pada timbangan dengan berat beban yang akan diuji, beban dipasang ke pully secara bergantian dari beban terkecil sampai terbesar.
- 5) Parameter penelitian yang perlu dicatat adalah :
 - a) Beban yang diberikan.
 - b) Kecepatan putaran poros.
 - c) Debit air.
 - d) Pressure.

Data yang telah diperoleh berupa kecepatan air, kecepatan putaran (rpm) dan gaya pada force meter. Setelah menghitung nilai fluida selanjutnya dapat dilakukan analisis melalui perhitungan menggunakan persamaan (2.1) sampai (2.x).

Parameter Kinerja Turbin Pelton

Langkah pertama dalam menentukan parameter kinerja dari turbin pelton adalah mencari terlebih dahulu nilai dari torsi (**T**) yang dihasilkan oleh turbin dengan rumus,

$$T = F \times r \dots (2.1)$$

Dimana **F** adalah gaya yang dihasilkan oleh poros turbin dan **r** adalah jari-jari pulley. Kemudian sebelum beranjak untuk menentukan efisiensi, perlu diketahui besar dari kecepatan aliran air (**v**) melalui rumus,

$$v = \frac{Q}{A} \dots (2.2)$$

dengan

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \dots (2.3)$$

Dimana **Q** merupakan debit air lalu **A** adalah luas penampang dari nozel dan **D** merupakan diameter nozel. Efisiensi turbin **η** telah diperkirakan sebagai,

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\% \dots (2.4)$$

dimana **P_{out}** adalah daya efektif yang didapat oleh poros turbin dari fluida melalui sudu dan runner turbin serta **P_{in}** adalah daya indikatif yang diberikan oleh fluida kepada sudu-sudu turbin masing-masing yang telah diperkirakan sebagai,

$$P_{out} = \theta \times \omega \dots (2.5)$$

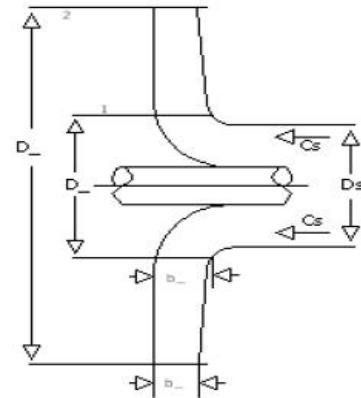
dengan

$$\theta = T \times r_{runner} \dots (2.6)$$

$$P_{in} = \rho \times Q \times g \times H \dots (2.7)$$

Dimana **θ, ω, T**, dan **r_{runner}** adalah koefisien torsi turbin, kecepatan putaran runner, output daya dorong tangensial atau torsi dan jari-jari runner. Disisi lain **Q, g**, dan **H** adalah massa jenis air, laju aliran atau debit air melalui turbin, percepatan gravitasi dan head atau tinggi air yang melintasi turbin.

Segitiga Aliran Kecepatan Fluida di Bucket



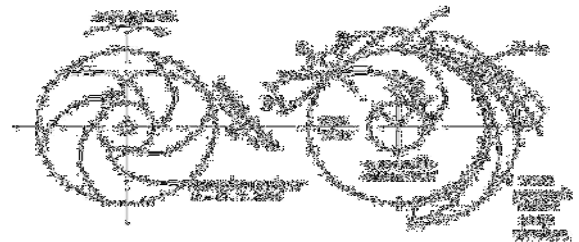
Gambar 4. Impeller [3].

Fluida masuk melalui saluran hisap **Ds** kemudian dalam arah aliran aksial mengalir masuk kedalam impeller dengan kecepatan terbatas **Cs**. Sudu pompa dimulai dari **D1**, lebar sudunya **b1**. kecepatan mutlak mengalirnya fluida **C1** dan luas penampang yang dilalui aliran fluida = $D1 \times \pi \times b1$; maka menurut persamaan kontinuitas didapat,

$$b1 = \frac{Q}{D1 \cdot \pi \cdot C1} \dots (2.8)$$

- Dimana :
- b1** = lebar sudu (m)
 - Q** = kapasitas aliran (m³/det)
 - D1** = diameter masuk sudu pompa (m)
 - C1** = kecepatan mutlak aliran fluida masuk sudu impeller (m/det)

Dengan adanya sudu penampang yang dilewati fluida menjadi semakin sempit dan dengan demikian kecepatan fluida mengalir masuk naik sekitar 10 %.



Gambar 5. Segitiga Aliran Kecepatan [3].

Diperoleh kecepatan aliran fluida masuk **C1** yang arahnya tegak lurus **U1** di dapat dari :

$$U_1 = \frac{D_1 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots (2.9)$$

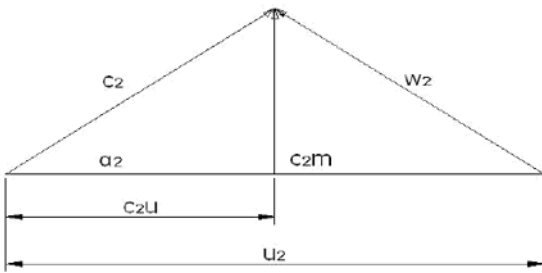
Dimana :

- n = Kecepatan putaran impeller dalam Rpm
- D1 = Diameter masuk sudu pompa (m)

Keterangan gambar :

- W1 = Kecepatan relative aliran fluida pada sisi masuk
- B1 = Sudut masuk aliran fluida

Lihat gambar segitiga be rikut :



Gambar 6. Segitiga Kecepatan Aliran Fluida Masuk Impeller [3].

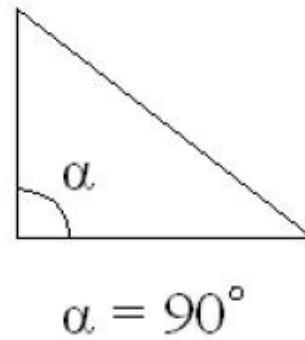
Supaya mendapatkan paenghantaran dan pengaliran yang baik maka jumlah sudu impeller harus tertentu, karena adanya gaya sentrifugal pada sudu impeller. Jadi akibat dari berputarnya impeller dengan kecepatan U dan bentuk sudu impeller yang sedemikian rupa didapat kecepatan relative aliran fluida dibagian masuk sudu impeller W1 dan saluran kelar W2. Besarnya kecepatan W didapat dari persamaannya kontinuitas. Diameter impeller dibagian keluar D2 dan pada bagian masuk D1. Lebar sudu b2 hanya sedikit lebih kecil dari pada dibagian masuk b1, sehingga pada umumnya W2 lebih kecil dari W1. Pada titik 2 dari gambar 2.7. fluida mempunyai kecepatan keluar mutlak C2. Kecepatan keliling impeller pada sisi keluar U2 adalah :

$$U_2 = \frac{D_2 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots (2.10)$$

Dimana :

- W2 = kecepatan relative aliran fluida pada sisi keluar impeller
- beta_2 = sudut keluar aliran fluida

Untuk pompa sentrifugal sudut impeller yang berguna adalah 150– 300 maksimum sampai 500.



Gambar 7. Segitiga Kecepatan Aliran Fluida Keluar Impeller [3].

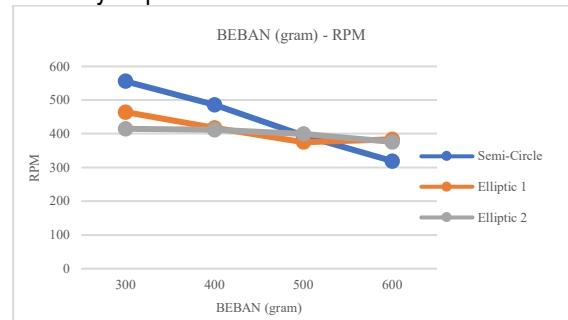
Jika pompa dibuat bertingkat, sesudah keluar dari sudu fluida melalui ruang 3 tanpa sudu dan sampai didalam sudu pengarah dengan kecepatan aliran fluida C4. Tapi bila konstruksi pompa dibuat sederhana dimana fluida yang keluar dari impeller langsung masuk kedalam rumah pompa, maka kecepatan mutlak aliran fluida keluar C2 harus diarahkan sedemikian rupa, perpindahan fluida dari impeller kerumah pompa sedapat mungkin bisa bebas tanpa tumbukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan Pembahasan Performa Pengujian Variasi Sudu dan Sudut Turbin Pelton

a. Hubungan antara Beban Terhadap Rpm

Pengujian yang dilakukan adalah mencari performa variasi bentuk sudu dan sudut turbin pelton yang dinilai dari dari besarnya Rpm.



Gambar 8. Hubungan antara Beban dengan Rpm.

Pada Gambar 8 dengan debit aliran konstan sebanyak 0,001 m³/s menunjukkan bahwa hasil dari turbin pelton sudu *Semi-Circle* pada pengujian pertama dengan beban sebanyak 300 gram memperoleh hasil sebesar 555,8 Rpm, pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 485,6 Rpm, kemudian pada pengujian ketiga melalui beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 394,4 Rpm, dan kemudian pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh sebesar 318,8 Rpm.

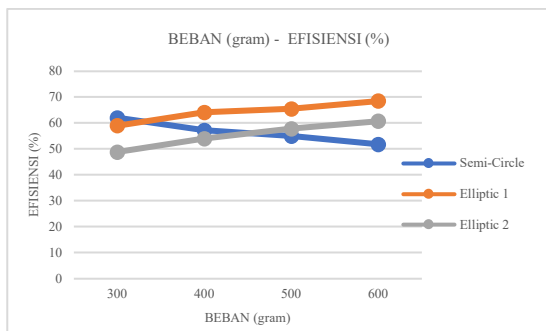
Kemudian hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 1*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram

mendapat hasil sebesar 464,2 Rpm, kemudian pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 417,4 Rpm, pada pengujian ketiga dengan menggunakan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 375,6 Rpm, dan kemudian pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 383,2 Rpm.

Selanjutnya hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 2*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram memperoleh hasil sebesar 414,8 Rpm, pada pengujian kedua dengan menggunakan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 412 Rpm, kemudian pada pengujian ketiga dengan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 399,4 Rpm, dan selanjutnya pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 376 Rpm.

b. Hubungan antara Beban Terhadap Efisiensi

Pengujian yang dilakukan adalah mencari performa variasi bentuk sudu dan sudut turbin pelton yang dinilai dari besarnya Efisiensi.



Gambar 9. Hubungan antara Beban dengan Efisiensi.

Pada Gambar 9 dengan debit aliran konstan sebanyak $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ menunjukkan bahwa hasil dari turbin pelton sudu *Semi-Circle* pada pengujian pertama dengan beban sebanyak 300 gram memperoleh hasil sebesar 62 %, pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 57,1 %, kemudian pada pengujian ketiga melalui beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 55 %, dan kemudian pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh sebesar 51,8 %.

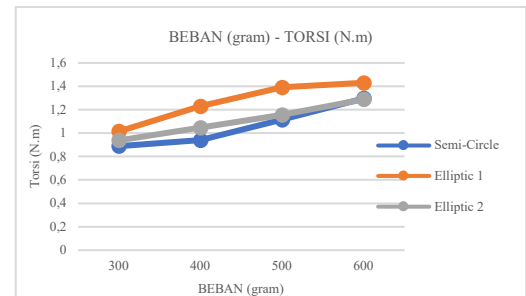
Kemudian hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 1*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram mendapat hasil sebesar 59 %, kemudian pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 64,1 %, pada pengujian ketiga dengan menggunakan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 65,4 %, dan kemudian pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 68,5 %.

Selanjutnya hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 2*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram memperoleh hasil sebesar 48,8 %, pada pengujian kedua dengan menggunakan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 54 %, kemudian pada pengujian ketiga dengan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 57,8 %, dan

selanjutnya pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 60,7 %.

c. Hubungan antara Beban Terhadap Torsi

Pengujian yang dilakukan adalah mencari performa variasi bentuk sudu dan sudut turbin pelton yang dinilai dari besarnya Torsi.



Gambar 10. Hubungan antara Beban dengan Torsi.

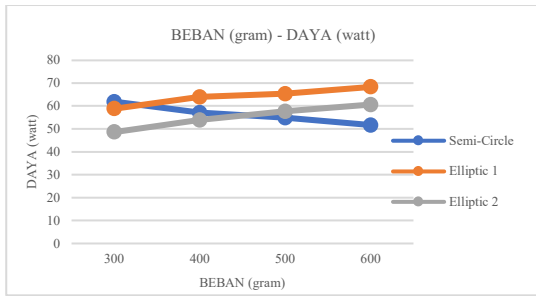
Pada grafik 4.3 dengan debit aliran konstan sebanyak $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ menunjukkan bahwa hasil dari turbin pelton sudu *Semi-Circle* pada pengujian pertama dengan beban sebanyak 300 gram memperoleh hasil sebesar 0,8905 N.m, pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 0,9412 N.m, kemudian pada pengujian ketiga melalui beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 1,1141 N.m, dan kemudian pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh sebesar 1,2974 N.m.

Kemudian hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 1*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram mendapat hasil sebesar 1,0166 N.m, kemudian pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 1,2298 N.m, pada pengujian ketiga dengan menggunakan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 1,3923 N.m, dan kemudian pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 1,4313 N.m.

Selanjutnya hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 2*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram memperoleh hasil sebesar 0,9399 N.m, pada pengujian kedua dengan menggunakan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 1,0478 N.m, kemudian pada pengujian ketiga dengan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 1,1557 N.m, dan selanjutnya pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 1,2896 N.m.

d. Hubungan antara Beban Terhadap Daya

Pengujian yang dilakukan adalah mencari performa variasi bentuk sudu dan sudut turbin pelton yang dinilai dari besarnya daya.



Gambar 11. Hubungan antara Beban dengan Daya.

Pada grafik 4.3 dengan debit aliran konstan sebanyak 0,001 m³/s menunjukkan bahwa hasil dari turbin pelton sudu *Semi-Circle* pada pengujian pertama dengan beban sebanyak 300 gram memperoleh hasil sebesar 61,9 watt, pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 57,1 watt, kemudian pada pengujian ketiga melalui beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 54,9 watt, dan kemudian pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh sebesar 51,7 watt.

Kemudian hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 1*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram mendapat hasil sebesar 58,9 watt, kemudian pada pengujian kedua dengan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 64 watt, pada pengujian ketiga dengan menggunakan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 65,3 watt, dan kemudian pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 68,4 watt.

Selanjutnya hasil pengambilan data pada variasi sudu *Elliptic 2*, pada pengujian pertama dengan beban 300 gram memperoleh hasil sebesar 48,7 watt, pada pengujian kedua dengan menggunakan beban 400 gram memperoleh hasil sebesar 53,9 watt, kemudian pada pengujian ketiga dengan beban 500 gram memperoleh hasil sebesar 57,7 watt, dan selanjutnya pada pengujian keempat dengan beban 600 gram memperoleh hasil sebesar 60,6 watt.

e. Perbedaan Variasi Bentuk Sudu dan Sudut

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa, bentuk sudu yang dapat menghasilkan hasil yang maksimal adalah bentuk sudu yang terdapat pembelah tekanan airnya, dimana bentuk tersebut terdapat di sudu Elliptic 1 yang mempunyai sudut 108° dan Elliptic 2 yang mempunyai sudut 85°. Dan untuk bentuk sudut yang menghasilkan secara maksimal adalah bentuk sudut Elliptic 1 dengan sudut 108° dimana saat diberi beban 600 gram mampu menghasilkan Rpm tertinggi sebesar 383,2 Rpm, hasil tersebut disebabkan laju aliran fluida di sudut IN 0,467 m/s dan OUT 1,203 m/s.

f. Tabel Rata-Rata Perhitungan Data Performa Turbin Pelton.

Tabel 1. Data hasil rata-rata Variasi Sudu Semi-Circle

NO	DEBIT AIR (m ³ /s)	BEBAN (gram)	RPM	EFISIENSI (%)	TORSI (N.m)	DAYA (watt)
1	0.001	300	555,8	62	0,8905	61,9
2	0.001	400	485,6	57,1	0,9412	57,1
3	0.001	500	394,4	55	1,1141	54,9
4	0,001	600	318,8	51,8	1,2974	51,7

Tabel 2. Data hasil rata-rata Variasi Sudu Elliptic 1

NO	DEBIT AIR (m ³ /s)	BEBAN (gram)	RPM	EFISIENSI (%)	TORSI (N.m)	DAYA (watt)
1	0.001	300	464,2	59	1,0166	58,9
2	0.001	400	417,4	64,1	1,2298	64
3	0.001	500	375,6	65,4	1,3923	65,3
4	0,001	600	383,2	68,5	1,4313	68,4

Tabel 3. Data hasil rata-rata Variasi Sudu Elliptic 2

NO	DEBIT AIR (m ³ /s)	BEBAN (gram)	RPM	EFISIENSI (%)	TORSI (N.m)	DAYA (watt)
1	0.001	300	414,8	48,8	0,9399	48,7
2	0.001	400	412	54	1,0478	53,9
3	0.001	500	399,4	57,8	1,1557	57,7
4	0,001	600	376	60,7	1,2896	60,6

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian variasi bentuk sudu dan sudut pada turbin pelton saat pengambilan data, dan analisis data dapat disimpulkan bahwa pada data hasil pengujian yang di dapat variasi bentuk sudu dan sudut pada turbin pelton sangat berpengaruh terhadap Rpm, efisiensi, torsi dan daya. Dengan hasil sebagai berikut :

- a. Rpm terbaik pada beban min 300 gram diperoleh pada jenis sudu *Semi-Circle* dengan hasil sebesar 555,8 Rpm dan terendah pada sudu jenis *Elliptic 2* sebesar 414,8 Rpm, pada beban max 600 gram diperoleh Rpm tertinggi pada jenis sudu *Elliptic 1* dengan hasil 383,2 Rpm.

- b. Efisiensi terbaik pada beban min 300 gram diperoleh pada jenis sudu Semi-Circle dengan hasil sebesar 62 % dan terendah pada sudu jenis Elliptic 2 sebesar 48,8 %, pada beban max 600 gram diperoleh efisiensi tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 68,5 % dan terendah pada sudu jenis Semi-Circle sebesar 51,8 %.
- c. Torsi terbaik pada beban min 300 gram diperoleh pada jenis sudu Elliptic 1 dengan hasil sebesar 1,0166 N.m dan terendah pada sudu jenis Semi-Circle sebesar 0,8905 N.m, pada beban max 600 gram diperoleh torsi tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 1,4313 N.m dan terendah pada sudu jenis Semi-Circle sebesar 1,2974 N.m.
- d. Daya terbaik pada beban min 300 gram diperoleh pada jenis sudu Semi-Circle dengan hasil sebesar 61,9 watt dan terendah pada sudu jenis Elliptic 2 sebesar 48,7 watt, pada beban max 600 gram diperoleh daya tertinggi pada jenis Elliptic 1 dengan hasil 68,4 watt dan terendah pada sudu jenis Semi-Circle sebesar 51,7 watt.

Daftar Pustaka

- [1] Dinisari(2016). *Potensi Energi Terbarukan Indonesia Masih Besar*. Www.Ekonomi.Bisni.Com. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20160613/44/557309/potensi-energi-terbarukan-indonesia-masih-besar>
- [2] Suyesh, B., Parag, V., Keshav, D., Ahmed, A. M., & Abdul-Ghani, O. (2019). Novel trends in modelling techniques of Pelton Turbine bucket for increased renewable energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.045>
- [3] Kurniawan, K. E. (2016). *Resume Segitiga Kecepatan*. Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta. <https://pdfcoffee.com/segitiga-kecepatan-krisna-eka-i-0413027-pdf-free.html>
- [4] Azmi. (2014). *Bab i pendahuluan*.
- [5] Pietersz, R., Soenoko, R., & Wahyudi, S. (2013). Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 4, Issue 3).
- [6] Gupta, V., Prasad, V., & Khare, R. (2016). Numerical simulation of six jet Pelton turbine model. *Energy*, 104, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.03.110>
- [7] Gunarto, & Aspiyansyah. (2017). Rekayasa Model Peralatan Praktikum Turbin Pelton Dengan Type Sudu Setengah Silinder REKAYASA MODEL PERALATAN PRAKTIKUM TURBIN PELTON DENGAN TYPE SUDU SETENGAH SILINDER. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(1).
- [8] Anagnostopoulos, J. S., & Papantonis, D. E. (2012). A fast Lagrangian simulation method for flow analysis and runner design in Pelton turbines. *Journal of Hydrodynamics*, 24(6), 930–941. [https://doi.org/10.1016/S1001-6058\(11\)60321-1](https://doi.org/10.1016/S1001-6058(11)60321-1)
- [9] Putra, G. A. A. (2009). *PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO*.
- [10] Simamora, M. S. (2014). *Perancangan alat uji prestasi turbin pelton*.
- [11] Yani, A., Susanto, B., & Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, J. (2018). *Analisis jumlah sudu mangkuk terhadap kinerja turbin pelton pada alat praktikum turbin air*. 7(2).
- [12] Mulyadi. (2014). *704-1704-1-PB (JURNAL 5)*. 18–22.
- [13] Yani, A. (2017). *Rancang bangun alat praktikum turbin air dengan pengujian bentuk sudu terhadap torsi dan daya turbin yang dihasilkan*. 1(1), 22–29.
- [14] Irawan, D. (2014). *Prototype turbin pelton sebagai energi alternatif mikrohidro di lampung* (Vol. 3, Issue 1).
- [16] Židonis, A., & Aggidis, G. A. (2015). State of the art in numerical modelling of Pelton turbines. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 45, pp. 135–144). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.037>

Halaman ini sengaja dikosongkan