

ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU TURBIN TERHADAP KELUARAN DAYA LISTRIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK PIKO HIDRO

Sawirman^{1*}, Irfan Nofri², Rafsanzani Pane³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*) Email Korespondensi : sawirman@umsu.ac.id,

Abstrak – Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air dan salah satu jenis turbin air diantaranya adalah turbin pelton. Turbin pelton adalah jenis turbin air yang digunakan pada tinggi jatuh air yang besar dikarenakan jenis turbin ini menggunakan nosel hingga menghasilkan energi listrik yang besar pula. Dalam mencapai performa kinerja dari turbin pelton, sudu mempunyai peranan penting dikarenakan pemanfaatan energi air yang di tembakkan Nosel ke titik lingkaran tusuk ini dilakukan dua kali, yang pertama energi pancaran air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner. Adapun yang menjadi tujuan umumnya untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja Turbin Pelton. Adapun tujuan khususnya (1) Mendapatkan nilai torsi yang terjadi pada poros. (2) Menghitung daya yang dihasilkan kerja Turbin. (3) Menganalisa nilai efisiensi dari kerja Turbin. Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar. Sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya. kemudian setalah turbin berputar catat pertambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar. Pada hasil pengujian optimal pada jumlah 20 Bucket dengan putaran = 583,1 Rpm, Daya = 55,53 Watt , Torsi = 13,53 Nm dan Efisiensi = 1,43 %.

Kata Kunci: Turbin Pelton, Jumlah Bucket, Kinerja Turbin Pelton

Abstract – The water turbine is an energy conversion equipment for the working fluid of water and one type of water turbine is the Pelton turbine. The Pelton turbine is a type of water turbine that is used at large water falls because this type of turbine uses a nozzle to produce large electrical energy as well. In achieving the performance of the Pelton turbine, the blades have an important role because the use of water energy fired by the nozzle to the point of the circular puncture is carried out twice, the first is the energy of the water jet on the blades when the water starts to enter, and the second is the thrust. water on the blades when the water will leave the runner. The general objective is to determine the effect of the number of blades on the performance of the Pelton Turbine. The specific objectives are (1) to obtain the value of the torque that occurs on the shaft. (2) Calculate the power generated by Turbine work. (3) Analyzing the efficiency value of the turbine work. The method used to calculate turbine power is by reading the movement of the increase in load that occurs after the turbine rotates. Before the turbine rotates the load is calculated first its initial weight. then after the turbine rotates note the increase in the weight of the load. And observe the rotational speed of the turbine when the shaft rotates. In the optimal test results on the number of 20 buckets with rotation = 583.1 Rpm, Power = 55.53 Watt, Torque = 13.53 Nm and Efficiency = 1.43%.

Keywords: Pelton Turbine, Number of Buckets, Pelton Turbine Performance

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik saat ini sangat meningkat, berbagai upaya terus di lakukan mencari potensi baru ataupun dengan mengembangkan teknologinya. Mengingat sumber energi yang di gunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Faktor inilah yang menjadi tantangan tersendiri untuk menjauhkan diri dari ketergantungan terhadap minyak bumi, gas alam dan batu bara[1]. Pengembangan energi begitu pesatnya, terutama di negara maju dan berkembang. Kita ketahui bahwa energi sangat dibutuhkan bagi kalangan ekonomi sosial dan kemakmuran bagi negara tersebut. Bahkan sudah banyak negara yang mengeksport energi untuk kepentingan negara lain. Energi listrik adalah energi alternatif yang banyak di gunakan pada masyarakat yang tidak banyak menimbulkan polusi dan dapat di konversikan ke dalam bentuk

lainnya[1]. Pengembangan energi listrik sangat banyak yaitu antara lain menggunakan air, angin, matahari, panas bumi, dan sebagainya. Untuk menunjang energi yang diperlukan kita bisa menggunakan sumber-sumber tenaga air yang tidak terlalu besar kapasitasnya dengan tujuan ikut memberikan nilai tambah bagi sebagian penduduk yang belum mendapatkan listrik sebagaimana layaknya. Bermacam upaya telah dilakukan pemerintah untuk menyelesaikan masalah kebutuhan energi listrik ini. Kemudian energi baru terbarukan mulai dikembangkan untuk menjadi solusi agar kebutuhan konsumsi energi sedikit terselesaikan. Ada beberapa jenis energi baru yang mulai dikembangkan oleh pemerintah. Salah satunya adalah energi listrik yang dihasilkan oleh turbin pelton, energi baru terbarukan yang sangat efektif digunakan dalam skala kecil maupun besar dan dapat digunakan sebagai listrik di daerah-daerah pedesaan. Mengingat bahwa Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi baru terbarukan khususnya sumber daya air. Ditinjau dari wilayah perairan di Indonesia dan berdasarkan data yang dimiliki Kementerian ESDM, total keseluruhan potensi tenaga air yang dimiliki bangsa Indonesia sebesar 75.000 MW dan yang termanfaatkan saat ini hanya 10,1% atau sebesar 7.572 MW. Pemanfaatan energi baru terbarukan dilakukan percepatan oleh pemerintah dengan target yang diharapkan instalasi senilai 31% pada tahun 2050 sehingga sangat diperlukan penelitian lebih lanjut terutama pada energi air atau Pembangkit listrik tenaga piko hidro sehingga efektif untuk diubah dan dimanfaatkan menjadi sumber alternatif energi listrik[3].

Ketergantungan energi fosil dikurangi melalui energi air, khususnya turbin Pelton piko hidro, meneliti pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja optimal.

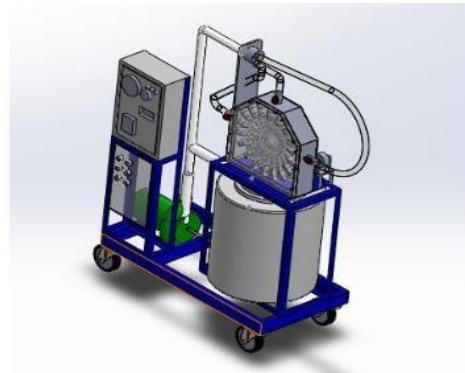
2. METODE PENELITIAN

Jumlah sudu turbin dapat berpengaruh terhadap kinerja turbin. Misalnya, pada turbin udara, jumlah sudu dapat mempengaruhi kecepatan tangensial maksimum, daya hidro, daya kinetik udara, daya turbin, daya generator listrik, dan efisiensi turbin. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan adanya pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin udara, di mana efisiensi generator listrik maksimum terjadi pada jumlah sudu tertentu. Oleh karena itu, dalam pendekatan penelitian, penting untuk mempertimbangkan jumlah sudu turbin sebagai salah satu variabel yang dapat mempengaruhi kinerja turbin, terutama dalam hal kecepatan, daya, dan efisiensi.

2.1 Perancangan sistem

Adapun langkah – langkah untuk melakukan perancangan teknis analisis pengaruh jumlah sudu turbin terhadap keluaran daya listrik pada PLTPH adalah sebagai berikut :

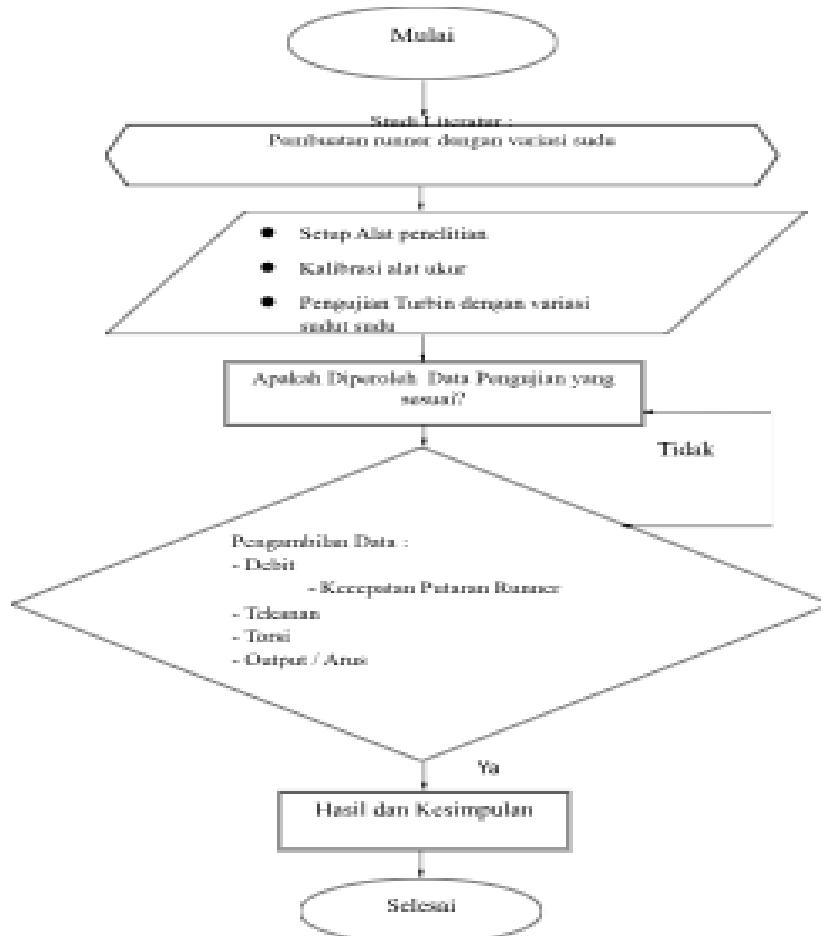
- a. Tentukan parameter desain PLTPH, termasuk karakteristik fluida, tekanan dan suhu, serta kapasitas pembangkit listrik yang diinginkan
- b. Hitung kecepatan aliran fluida masuk ke turbin berdasarkan parameter desain yang telah ditentukan
- c. Pilih jumlah sudu turbin yang akan dianalisis pengaruhnya terhadap keluaran daya listrik, serta variasi jumlah sudu yang akan dievaluasi
- d. Gunakan perangkat lunak simulasi teknik komputasi untuk memodelkan aliran fluida dan kinerja turbin dengan jumlah sudu yang berbeda



Gambar 1. Skema Alat Turbin

2.2 Metode menghitung

Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar. Sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya. Kemudian setelah turbin berputar catat pertambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Pengolahan Data Perhitungan

Data yang didapat dari hasil penelitian kemudian diolah dengan melakukan perhitungan untuk mencari Debit air, Torsi, Daya turbin, Daya air dan Efisiensi Turbin. Adapun Tabel klasifikasi hasil penelitian jumlah sudu turbin pelton yang ada pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 1. Percobaan variabel tetap

No	Variasi	Percobaan	Frekuensi	Flow	Diameter	Sudut	Jumlah	Bukaan
	Jumlah Sudu	Ke	(Hz)	(m/s)	runner	Sudu	Nosel	Nosel
1	20	1		62	246	0°	3	Penuh
		2	50	62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh
2	22	1		62	246	0°	3	Penuh
		2	50	62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh
3	24	1		62	246	0°	3	Penuh
		2	50	62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh

Tabel 2. Percobaan Variabel Tidak Tetap

No	Variasi	Percobaan	Frekuensi	Flow	Putaran	Torsi	Tegangan	Arus
	Jumlah Sudu	Kelipatan	(Hz)	(m/s)	(rpm)	(kg.m)	(volt)	(amp)
		1		62	-	-	-	-
1	20	2	50	62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-
		1		62	-	-	-	-
2	22	2	50	62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-
		1		62	-	-	-	-
3	24	2	50	62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-

2.4 Pembuatan alat

Turbin Pelton merupakan suatu jenis turbin yang mengandalkan suatu reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan dari daya hidrolisis. Semakin tinggi head yang dimiliki maka semakin baik untuk turbin jenis ini. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda Runner oleh sebab itu turbin pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas. Seperti terlihat pada

Tabel 1. Turbin pelton


HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pergolahan data perhitungan

Data yang didapat dari hasil penelitian kemudian diolah dengan melakukan perhitungan untuk mencari Debit air, Torsi, Daya turbin, Daya air dan Efisiensi Turbin. Adapun Tabel klasifikasi hasil penelitian jumlah sudu turbin pelton yang ada pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanpa Beban

No	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Debit Air (L/m)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (kg.mm)	Tegangan (Volt)	Arus (ampere)
		1	57	582,9	0,16	35,0	0,28
1	20	2	56	583	0,16	35,1	0,29
		3	57	583,1	0,17	35,5	0,29

		1	61	571	0,13	34,4	0,19
2	22	2	57	570,8	0,14	34,1	0,21
		3	57	571,1	0,15	34,8	0,21

		1	57	553,8	0,12	33,5	0,17
3	24	2	57	554	0,13	33,9	0,18
		3	57	554,3	0,13	34,0	0,18

Tabel 2. Hasil Pengujian dengan Beban Lampu

No	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Debit Air (L/m)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (kg.mm)	Tegangan (Volt)	Arus (amp)	Beban (lampa)
		1	57	397,1	1,1	23,0	0,43	74watt
1	20	2	56	397,4	1,32	23,5	0,44	74watt
		3	57	397,4	1,33	23,9	0,44	74watt
		1	61	385,8	1,22	18,1	0,41	56watt
2	22	2	57	386,1	1,24	18,2	0,42	56watt
		3	57	386,2	1,25	18,5	0,42	56watt
		1	57	390,1	1,14	17,9	0,38	38watt
3	24	2	57	390,5	1,16	18,0	0,38	38watt
		3	57	390,7	1,16	18,0	0,39	38watt

Dalam menghitung pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini dengan jumlah sudu 20, 22 dan 24 buah. Adapun perhitungan sebagai berikut.

3.2 Uji Pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi turbin Head pompa (ΔP)

Head pompa turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P = P_d - P_s$$

$$\Delta P = 14,39 - 2,91$$

$$\Delta P = 11 \text{ Mpa}$$

2. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot g \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 397,4}{60}$$

$$\omega = 41,594 \text{ rad/s}$$

3. Torsi (T)

Untuk mendapatkan torsi maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \cdot r$$

Alat turbin Pelton piko hidro meliputi penyediaan listrik ramah lingkungan, biaya operasional rendah, mandiri energi, serta cocok untuk daerah terpencil. Di bawah ini

3.3 Performa Hasil Analisa Data Jumlah Sudu Turbin

Setelah melakukan perhitungan dan analisa data maka diperoleh hasil data pada tabel dibawah ini

Tabel 4. Hasil Analisis Data

No.	Variasi Jumlah Sudu	Head Pompa (Mpa)	Debit Air (m ³ /s)	Kecepatan Keliling (rad/s)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Pa)	Efisiensi (%)
1	20	11	0,00095	41,594	1,082	45,00	102,51	43,89
2	22	11	0,00095	40,893	0,980	40,07	102,51	39,08
3	24	11	0,00095	40,422	0,910	36,78	102,51	35,87

Berdasarkan **Tabel 4**, pengujian dilakukan dengan head pompa 11 MPa dan debit air konstan 0,00095 m³/s pada variasi jumlah sudu 20, 22, dan 24. Hasilnya menunjukkan bahwa:

- Kecepatan keliling menurun seiring bertambahnya jumlah sudu, dari 41,594 rad/s (20 sudu) menjadi 40,422 rad/s (24 sudu).
- Torsi dan daya turbin tertinggi diperoleh pada variasi 20 sudu, masing-masing sebesar 1,082 Nm dan 45,00 W, kemudian menurun pada 22 dan 24 sudu.
- Daya air tetap konstan sebesar 102,51 W, karena debit dan head tidak berubah.
- Efisiensi turbin tertinggi terjadi pada 20 sudu (43,89%), lalu menurun pada 22 sudu (39,08%) dan 24 sudu (35,87%).

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa jumlah sudu 20 memberikan kinerja paling optimal pada sistem turbin Pelton piko hidro ini, ditinjau dari daya keluaran dan efisiensi. Penambahan jumlah sudu cenderung meningkatkan hambatan aliran sehingga menurunkan unjuk kerja turbin..

REFERENSI

- [1] N. S. Assyary, A. Rijanto, and A. I. Dyah, “ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU TURBIN PENGERAK MICROHYDRO TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN GENERATOR PERMANEN,” vol. 4, pp. 87–95, 2022.
- [2] Y. Kurniawan, I. B. Dharmawan, W. Anhar, and P. N. Balikpapan, “P-31 Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Sudu Experimental Study the Effect of Combination of Blade,” pp. 2–7, 2021.
- [3] K. Rekha Agustha, L. Jasa, and I. M. Suartika, “Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Dengan Menggunakan Turbin Vortex,” J. SPEKTRUM, vol. 9, no. 3, p. 24, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i03.p4.
- [4] E. Tonadi, “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Pelton Dengan Tekanan Konstan,” Teknosia, vol. 1, no. 1, pp. 36–42, 2021, doi: 10.33369/teknosia.v1i1.15390.
- [5] A. Asrori, T. Adikusuma, and E. Yudiyanto, “Rancang Bangun Turbin Pelton Kapasitas 270 W Sebagai

Alat Peraga Sistem Pembangkit Listrik Pico Hydro,” Briliant J. Ris. dan Konseptual, vol. 7, no. 2, p. 522, 2022, doi: 10.28926/briliant.v7i2.973.

- [6] H. Irawan, Syamsuri, and Rahmad, “Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaan Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter,” Has. Penelit. LPPM, vol. 03, no. 01, pp. 27–31, 2018.
- [7] I. B. M. Pandwa Putra, I. W. Arta Wijaya, and I. G. N. Janardana, “Pengaruh Perubahan Jumlah Sudu Turbin Turgo Terhadap Daya Output Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh),” J. SPEKTRUM, vol. 9, no. 3, p. 1, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i03.p1.
- [8] B. Kristanto, “Analisa pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin kinetik tipe poros vertikal,” Artik. Skripsi Univ. Nusant. PGRI Kediri, 2016.
- [9] R. B. Astro et al., “Potensi Energi Air Sebagai Sumber Listrik Ramah,” J. Pendidik. Fis., vol. 4, no. 2, pp. 125–133, 2020.
- [10] C. Poea, G. . Soplanit, and J. Rantung, “Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter,” Tek. Mesin, pp. 1–9, 2013.
- [11] 2013 Purnama dkk, “Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran,” J. Tek. ITS, vol. 2, no. 2, pp. B278–B282, 2013.
- [12] D. Wardianto, I. Anwar, and Afdal, “Torque and Power Testing of the Pelton Turbine,” J. Tek. Mesin, vol. 11, no. 1, pp. 19–25, 2021, doi: 10.21063/jtm.2021.v11.i1.19-25.
- [13] Mafruddin and D. Irawan, Turbin Impuls. 2020.
- [14] M. S. Simamora, “Perencanaan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton,” J. Tek. Mesin, vol. 1, pp. 1–9, 2017.
- [15] I. G. N. Saputra, L. Jasa, and I. W. Arta Wijaya, “Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan,” J. SPEKTRUM, vol. 7, no. 4, p. 161, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i04.p21.. *JMRI Journal of Multidisciplinary Research and Innovation*, 2(3), 107-111.