

ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU TURBIN PENGGERAK MICROHYDRO TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN GENERATOR PERMANEN

Nur Syaifudin Assyary^{*1)}, Achmad Rijanto^{*2)}, Atika Isnaining Dyah^{*3)}
^{*1,2,3)} Universitas Islam Majapahit, Mojokerto
E-mail : nsyaifudina@gmail.com

ABSTRAK

Turbin Pelton adalah jenis turbin impuls yang terdiri dari sudu berbentuk dua buah mangkok sebagai awal penerima pancaran air dari nozel dengan memanfaatkan gerak jatuh air (*head*) yang tinggi walaupun debit airnya kecil. Pada penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh jumlah sudu terhadap putaran yang dihasilkan oleh turbin Pelton sehingga dapat diketahui tegangan, arus, daya dan efisiensi yang dihasilkan generator pada *prototype* PLTMH. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi turbin (*runner*) dengan jumlah sudu yang divariasikan terhadap daya output. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini menggunakan turbin pelton dengan jumlah sudu yang divariasikan jumlahnya yaitu 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan jumlah sudu menyebabkan kinerja PLTMH semakin meningkat, daya *output* tertinggi diketahui menggunakan turbin (*runner*) yang bersudu 8 yang tercatat kuat arus (*I*) sebesar 0,28 Ampere dan tegangan (*V*) sebesar 16,7 Volt. Sehingga, diketahui daya *output* nya sebesar ± 5 Watt (*P out*). Nilai efisiensi kinerja turbin (*runner*) yaitu 33,9 %.

Kata kunci: efisiensi, jumlah sudu, *prototype* PLTMH, turbin pelton

ABSTRACT

The Pelton turbine was a type of impulse turbine which consists of two bowl-shaped blades as the initial receiver of water jets from the nozzles by utilizing the motion of falling water (head) which was high even though the water discharge is small. In this study, we will discuss the effect of the number of blades on the rotation produced by the Pelton turbine so that the voltage, current, power and efficiency generated by the generator on the PLTMH prototype can be known. The purpose of this study was to determine the efficiency of the turbine (runner) with the number of blades varying the output power. This study uses an experimental method. In this study using a Pelton turbine with the number of blades varied: 4 blades, 6 blades and 8 blades. The results show that the addition of the number of blades causes the performance of the PLTMH to increase, the highest output power was known to use a turbine (runner) with 8 blades which has a current (I) of 0.28 Ampere and a voltage (V) of 16.7 Volts. Thus, it was known that the output power was ± 5 Watt (P out). The value of turbine performance efficiency (runner) was 33.9 %.

Keywords: efficiency, number of blades, PLTMH prototype, pelton turbine

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Turbin Pelton termasuk dalam jenis turbin *impuls*, karena turbin ini memanfaatkan nozel sebagai sumber air yang dipancarkan ke arah sudu-sudu pada turbin yang

menyebabkan gaya putar pada poros turbin, sehingga dapat memutar generator yang nantinya dapat menghasilkan energi listrik. Sudu turbin pelton pada umumnya terbuat dari bahan yang ringan namun kuat misalnya *stainless steel* atau aluminium yang tentunya sebagai masyarakat awam pembuatan *bucket* turbin akan sangat menyulitkan, karena memakan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu pembuatan sudu turbin bisa menggunakan bahan yang mudah ditemukan dan tentunya tidak memerlukan banyak biaya contohnya dari bahan resin atau bahkan PVC.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh jumlah sudu pada efisiensi kerja turbin pelton. Perbandingan sudu pada turbin pelton yang bervariasi dalam sistem *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) menggunakan jumlah 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Penelitian ini lebih memfokuskan pada arus (Ampere), tegangan (Volt), daya (Watt) yang dihasilkan oleh generator permanen.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang ada dapat disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut 1) Apakah ada pengaruh jumlah variasi sudu terhadap daya *output* yang dihasilkan ?. 2) Berapa efisiensi terbesar yang didapat dari turbin yang jumlah sudunya divariasikan ?.

Agar permasalahan tidak meluas maka perlu dilakukan batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut; *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) yang menggunakan gerak jatuh (*head*) dari laju aliran air sungai sebagai sumber energinya dengan menggunakan turbin pelton berbahan PVC yang memiliki jumlah variasi sudu yaitu 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Serta, debit aliran sungai yang sama.

Tujuan dari penelitian ini yaitu 1) Uji coba pembuatan *prototype* turbin (*runner*) pelton yang sudunya berbahan dasar dari PVC dan kayu. 2) Perbandingan tingkat efisiensi turbin (*runner*) dengan jumlah sudu yang divariasikan terhadap daya *output*.

Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) merupakan pembangkit energi listrik berskala *mini* yang tenaga penggerakannya berasal dari pemanfaatan kecepatan debit air dan gerak jatuh air (*head*) dari aliran sungai, air terjun atau aliran irigasi. Secara umum, PLTMH mempunyai tiga bagian penting berupa sumber energi kinetik berupa air, generator sebagai pengkonversi listrik, serta turbin sebagai penggerak generator.

Microhydro sendiri berasal dari istilah *micro* yang bermakna kecil dan *hydro* yang bermakna air.

Prinsip PLTMH memanfaatkan gaya potensial kecepatan debit air dan ketinggian gerak jatuh air (*head*), dimana semakin besar laju debit air dan ketinggian gerak jatuh air (*head*) maka, gaya potensial dari air juga semakin besar. Air tersebut yang dipancarkan ke arah sudu (*bucket*) turbin yang diubah menjadi gaya mekanik berupa putaran pada turbin (*runner*) yang dihubungkan pada generator yang nantinya diubah menjadi energi listrik.

Phillip Maher (Mei 2001). dengan penelitiannya “Perbandingan tiga variasi diameter pada *runner*, pada tiga generator yang berjenis turbin pelton *pico power pack*, Versi 2.0. turbin jenis ini mampu beroperasi pada ketinggian gerak jatuh air (*head*) minimum 20 m. Dengan uji coba pada kecepatan debit air 15 liter/detik dan *head* 70 meter. Penelitian tersebut membuahkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan generator berdasarkan ketinggian *head*

P.c.d of Pelton Runner (mm)	2 pole generator	4 pole generator	6 pole generator
120	98,5 m	24,6 m	-
160	175 m	44 m	19,5 m
200	-	68,5 m	30,4 m

John S (2006), dengan penelitiannya “uji efisiensi terhadap pelton *bucket*” dengan nozel yang berdiameter 31 mm, *runner* yang berdiameter 400 mm, dengan kecepatan putar 1150 rpm, daya 83 kw, laju debit air 270.6 m³/jam, dengan nozel yang berjumlah 2 buah, *bucket* yang berjumlah 22. Penelitian tersebut menunjukkan, bahwa efisiensi bucket tergantung momentum sudut air keluar dan pada pancaran air.

Definisi Turbin Pelton

Turbin pelton menggunakan prinsip kerja dengan merubah seluruh gaya yang ada pada air berupa gaya kinetik dan gaya potensial sebagai energi putar pada turbin yang disebut energi mekanik yang diakibatkan dari gaya impuls pada turbin (*runner*). Sehingga, turbin bisa berputar atau bekerja selama sudu-sudu pada turbin tersebut mendapatkan pancaran air. Air yang dipancarkan dari nozel kearah sudu-sudu turbin yang mengakibatkan putaran pada *runner* sehingga *pulley* turbin dapat berputar. Generator juga dapat berputar karena *pulley* generator terhubung pada *pulley* turbin menggunakan

belt sehingga putaran pada generator itulah yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni 2021. Tempat pelaksanaan penelitian berlokasi di Desa Sampang Agung, Dussn Sampang Agung, Kecamatan Kutorejo, kabupaten Mojokerto.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dapat diselesaikan dengan bantuan alat dan bahan yang tersedia. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Bahan Penelitian :

- a. Dinamo / Generator tipe ZYT 70-05, dengan spesifikasi 120 volt 50 watt, 1800 rpm . yang digunakan dala *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH).
- b. *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) yang sudah dirangkai.



Gambar 1. *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH)

- c. *Runner* turbin *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) dengan variasi sudu yang masing-masing berjumlah : 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu.

2. Alat Penelitian :

- a. Avometer / Multimeter

- b. Tool set
- c. Mesin gerinda
- d. Mesin jigsaw

Alur penelitian

Urutan prosedur penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

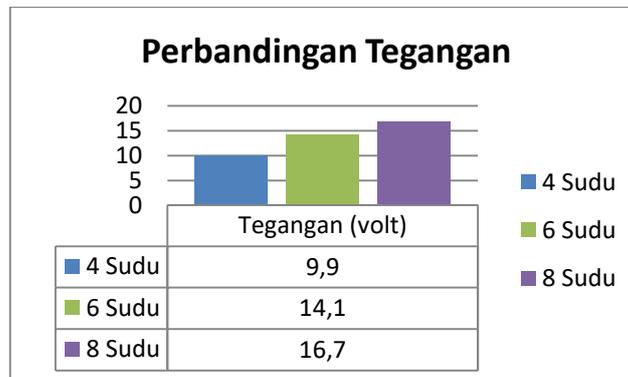
1. Mempelajari serta memahami karakter dan cara kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH).
2. Membuat 3 macam turbin (*runner*) dengan bentuk konstruksi sebagai berikut; Jumlah variasi sudu : 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Yang masing-masing *runner* berukuran sama yaitu diameter 36 cm serta lebar ukuran dalam 14 cm.
3. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan diuji atau diteliti seperti 3 buah *runner* (yang sudah dibuat dan divariasikan sudu-sudunya) , multimeter, *tool set*, dan peralatan yang dibutuhkan lainnya.
4. Melakukan pengukuran terhadap laju debit air dan ketinggian gerak jatuh air.
5. Memasang *runner* turbin dengan jumlah sudu 4 pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH).
6. Melakukan uji lapangan dan pengukuran daya (*output*) kuat arus (I) dan tegangan (V) pada dinamo/ generator.
7. Membongkar *runner* yang bersudu 4 pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) dan diganti dengan *runner* turbin dengan jumlah sudu 6.
8. Melakukan uji lapangan lagi ditempat yang sama dan melakukan pengukuran daya (*output*) kuat arus (I) dan tegangan (V) pada dinamo/ generator.
9. Membongkar *runner* yang bersudu 6 pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) dan diganti dengan *runner* turbin dengan jumlah sudu 8.
10. Melakukan uji lapangan lagi ditempat yang sama dan melakukan pengukuran daya (*output*) kuat arus (I) dan tegangan (V) pada dinamo/ generator.
11. Analisis data pengujian dan pembuatan kesimpulan penelitian.
12. Pembuatan laporan hasil analisis dan pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

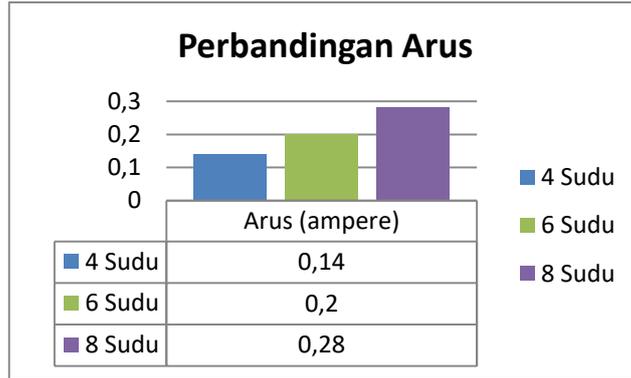
Hasil Pengujian

Pengujian dan pengukuran ini dilakukan terhadap daya (*output*) dari generator meliputi; arus (I) dan tegangan (volt) dengan debit air sebesar 3 liter/s dan gerak jatuh air (head) setinggi 50 cm, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

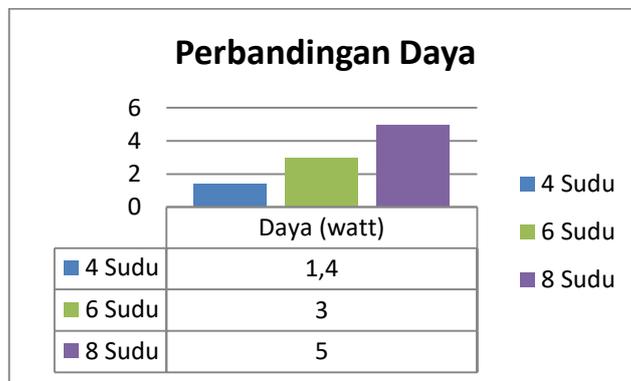
1. Daya (*output*) yang dihasilkan dari generator dengan variasi turbin (*runner*) berjumlah 4 sudu diketahui kuat arus (I) sebesar 0,14 ampere dan tegangan (V) sebesar 9,9 volt. Dengan cara mengalikan arus (I) dengan tegangan (V) dapat diketahui sebesar $\pm 1,4$ watt (*P out*).
2. Daya (*output*) yang dihasilkan dari generator dengan variasi turbin (*runner*) berjumlah 6 sudu diketahui kuat arus (I) sebesar 0,20 ampere dan tegangan (V) sebesar 14,1 volt. Dengan cara mengalikan arus (I) dengan tegangan (volt) dapat diketahui sebesar ± 3 watt (*P out*).
3. Daya (*output*) yang dihasilkan dari generator dengan variasi turbin (*runner*) berjumlah 8 sudu diketahui kuat arus (I) sebesar 0,28 ampere dan tegangan (V) sebesar 16,7 volt. Dengan cara mengalikan arus (I) dengan tegangan (volt) dapat diketahui sebesar ± 5 watt (*P out*).



Gambar 2. Diagram hasil pengukuran tegangan (Volt)



Gambar 3. Diagram hasil pengukuran arus (Ampere)



Gambar 4. Diagram hasil pengukuran daya (Watt)

Tabel 2. Data-data hasil pengujian

Laju Debit Air (liter/s)	Head (cm)	Jumlah Sudu Pada Runner	Daya Output Yang Dihasilkan		
			V (volt)	I (Ampere)	Daya (watt)
3	50 cm	4	9,9	0,14	1,4
		6	14,1	0,20	3
		8	16,7	0,28	5

Pembahasan

Saat pengujian diketahui data-data sebagai berikut : tinggi jatuh air (*head*) 50 cm atau setara dengan 0,5 meter, dan debit air 3 liter/s atau setara dengan 0,003 m³/s, ρ air sebesar 1000 kg/m³ dengan dan percepatan gravitasi 9,81 m/s². Maka, daya *input* (hidrolis) yang dihasilkan dapat diketahui dari semua jenis turbin (runner) yang bervariasi jumlah sudunya menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (1) \\
 &= 0,003 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 14,715 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tingkat Efisiensi Turbin

Tingkat efisiensi dari semua pengujian pada kinerja turbin yang jumlah sudunya divariasikan sebanyak : 4 sudu, 6 sudu dan 8 sudu. Dapat diketahui dari daya (*output*) pada dinamo / generator dibagi daya hidrolis (*input*) dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dari persamaan berikut, maka diperoleh hasil yaitu *Runner* bersudu 4 menghasilkan efisiensi sebesar 9,5 %, *Runner* bersudu 6 menghasilkan efisiensi sebesar 20,3 %, dan *Runner* dengan jumlah sudu 8 menghasilkan efisiensi sebesar 33,9 %.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh daya (*output*) yang dihasilkan generator akibat penambahan atau perubahan jumlah sudu (*bucket*) pada turbin. Semakin banyaknya sudu maka perputaran turbin semakin meningkat yang menyebabkan hasil daya (*output*) pada generator juga semakin besar. Dari penelitian tersebut diperoleh daya *output* maksimal yang dihasilkan oleh generator / dinamo sebesar ± 5 Watt dengan menggunakan turbin yang sudunya berjumlah 8 buah.
2. Turbin (*runner*) yang berjumlah 4 sudu memiliki efisiensi sebesar 9,5 %, Turbin (*runner*) yang berjumlah 6 sudu memiliki efisiensi sebesar 20,3 %, dan Turbin (*runner*) yang berjumlah 6 sudu memiliki efisiensi sebesar 33,9 %. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi maksimal yang bekerja pada turbin yaitu 33,9 % dengan menggunakan turbin yang sudunya berjumlah 8 buah.

Saran

Saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian ini, agar dapat menjadi penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Pembangunan kontruksi *runner* turbin pelton sebaiknya menggunakan bahan yang ringan dan kuat, sehingga turbin mampu berputar lebih optimal.
2. Dusahakan mencari aliran debit air sungai yang lebih konstan dan ketinggian gerak jatuh air (*head*) yang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriansyah D, Rusdinar F., Darlis A. (2016). "*Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal*". e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.1.
- Dietzel, Fritz, (1996), Turbin Pompa dan Kompresor, cetakan ke-5, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Irawan, D. (2018). "*Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung*". Metro, Lampung: Universitas Muhammadiyah.
- Jasa, L. (2015). "*Peningkatan Efisiensi Turbin dengan Pembaruan Desain Turbin Banki untuk Mikro Hidro di Daerah Tropis*". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sitompul, R. (2011). "*Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan*". Jakarta : PNPM Mandiri.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, (2004), Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin, Cetakan ke-11. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Suparyawan D. P. D., Kumara I. N. S., Ariastina W. G. "*Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali*". Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, [S.l.], v.12, n. 2, dec. 2013. ISSN 2503-2372.