

# Eksperimen Pengaruh Sudu Ganjil dan Genap Terhadap Turbin Pelton dengan Tekanan Konstan

Niharman<sup>1</sup>, Antonius FA Silaen<sup>2</sup>

[Niharman.unihaz@gmail.com](mailto:Niharman.unihaz@gmail.com)

## Abstract

Electrical energy is the main energy needed for electrical equipment. Electrical energy is energy that is very important for humans because electrical energy is currently one of the basic human needs. Current power plants rely heavily on fossil materials, while availability is dwindling, and an alternative energy is needed to get electricity, namely the Pelton turbine. This study aims to obtain water power, namely the Pelton turbine and to obtain efficiency, power, TSR and torque by varying the number of blades. The result is that for 9 blades the value of  $C_p$  max = 0.71,  $CT$  max = 0.95,  $TSR$  max = 2.68, max efficiency = 71%, power  $P$  turbine max = 4.08 watts. Whereas for the 12 Blade Pelton turbine, the result is that  $C_p$  max = 0.79,  $CT$  max = 1.38,  $TSR$  max = 2.74, max efficiency = 79%, turbine  $P$  power = 4.69 watts.

**Keywords:** Pelton turbine, loading influences the number of blades and constant pressure

## Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan untuk proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik serta alat-alat atau mesin-mesin di sebuah industri. Sehingga sangat diperlukan pengembangan pembangkit tenaga listrik *renewable*, agar kebutuhan konsumen dapat terpenuhi dengan baik dan tidak terlalu mengganggu lingkungan alam sekitar.

Dampak dari terbatasnya energi listrik yang dipasok oleh PLN adalah sering terjadinya pemutusan sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir serta kenaikan pembayaran listrik, akibat dari peningkatan konsumsi energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan energi listrik yang dihasilkan atau diproduksi oleh pembangkit tenaga listrik. Untuk mengurangi dampak dari terbatasnya energi listrik yang dipasok oleh PLN, diperlukan peningkatan pengembangan pembangkit energi listrik yang *renewable*.

Kenaikan harga energi fosil mempengaruhi harga energi listrik, karena sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia menggunakan energi fosil. Agar energi listrik tidak semakin mahal maka perlu dilakukan upaya lain untuk mengatasinya. Salah satu upaya yang sudah dilakukan adalah pemakaian energi air sebagai penggerak turbin. Di dalam turbin energi kinetik air dirubah menjadi energi mekanik, dimana air memutar sudu turbin (Arismunandar, 1982).

Indonesia sebagai negara yang terletak digaris khatulistiwa, keberadaan wilayah Indonesia yang begitu beragamnya sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan, merupakan tantangan bagi kita untuk melakukan penelitian atau kajian agar memperoleh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Turbin Pelton.

Turbin adalah sebuah mesin penggerak yang memanfaatkan energi dari aliran fluida seperti air, uap, dan gas untuk menggerakkan beban seperti generator, pompa, baling-baling, komposer, dan lain sebagainya. Ada beberapa macam-macam turbin, dan dalam penelitian ini akan membahas

---

<sup>1,2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.15 No.1 Januari 2021

salah satu turbin yaitu turbin Pelton. Turbin Pelton ini merupakan pengembangan dari turbin impuls, yang prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nozzle diterima oleh sudu-sudu pada roda jalan sehingga roda jalan berputar.

Berdasarkan uraian teori dan masalah di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “eksperimen pengaruh sudu ganjil dan genap terhadap turbin Pelton dengan tekanan konstan”.

## Landasan Teori

### Definisi Turbin Air Secara Umum

Turbin air adalah turbin dengan media kerjanya dipengaruhi oleh energi kinetik air. Secara umum turbin air merupakan alat untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Kemudian energi mekanik tersebut di ubah menjadi energi listrik, dalam suatu pembangkit listrik, kincir air atau sudu merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Mesin turbin yang paling sederhana terdiri dari sebuah bagian yang berputar disebut rotor, yang terdiri atas sebuah poros/shaft dengan sudu-sudu atau blade yang terpasang di sekelilingnya. Rotor tersebut berputar akibat dari tekanan aliran fluida terhadap sudu turbin tersebut. (Arif, 2011).

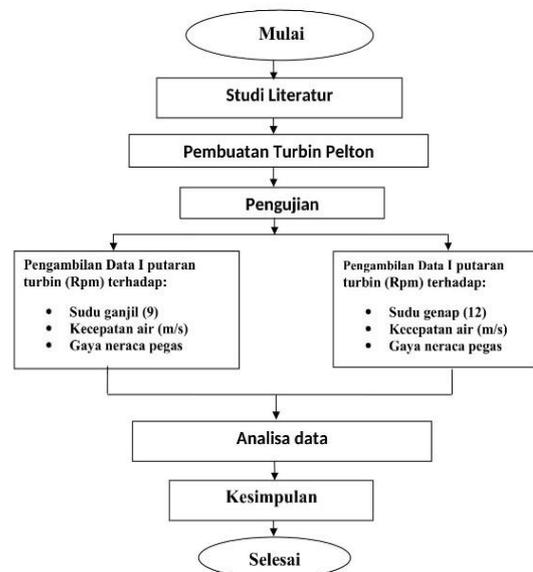
### Prinsip Kerja Turbin Pelton

Prinsip kerja turbin Pelton adalah mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik digunakan memutar generator listrik. Air yang telah ditampung berada pada bak penampung, dihisap oleh pompa air dimana pompa berfungsi untuk menghisap dan memberikan tekanan tinggi untuk dialirkan ke sudu-sudu turbin. Namun aliran air tidak langsung mengarah ke sudu turbin melainkan harus melewati pipa-pipa saluran yang telah diberi keran buka tutup sehingga laju aliran air dapat ditentukan sesuai dengan yang dibutuhkan. Kemudian keran-keran tersebut terhubung terhadap saluran nozzle

dimana nozzle berfungsi sebagai pemancar air yang dipancarkan langsung ke arah sudu turbin sehingga sudu turbin berputar. Pada sudu-sudu turbin, energi aliran air diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran runner turbin. Apabila runner turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran runner turbin diubah menjadi energi listrik pada generator. Kemudian air yang telah tersembur melalui nozzle untuk memutar sudu turbin kembali jatuh ke dalam bak penampung untuk kembali ke tahap awal maka terjadilah sirkulasi. (Muchlis, 2012).

## Metode Penelitian

### Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### Langkah - langkah Penelitian

- a. Pada sudu ganjil (9)
  1. Atur aliran air agar menabrak turbin.
  2. Pada saat turbin telah berputar konstan, ukur putaran tanpa beban.
  3. Setelah itu beri beban, lalu ukur putaran turbin dan ukur beban pada neraca pegas.
  4. Selanjutnya tambah beban secara berangsur - angsur sampai turbin berhenti, dengan catatan tiap - tiap penambahan beban ukur beban

pada pegas dan beban pemberat tersebut.

b. Pada sudu genap (12)

1. Arahkan thacometer digital pada pully lalu baca dan catat banyaknya putaran yang di hasilkan.
2. Prosedur ini dilakukan setelah penambahan beban dan dilakukan pada saat turbin telah berputar dengan konstan.

**Hasil Pengukuran Dan Penelitian**

a. Turbin Pelton sudu 9

Tabel 1. Turbin Pelton Sudu 9

No	F (Gram) Beban	F (Gram) Pegas	N (rpm) Putaran turbin	V (m/s) Kecepatan aliran	P (bar) Tekanan	D pulley (mm)	D Tali (mm)
1	0	0	698,2	3,4	1,034	25	1
2	170	0,27	629,7	3,4	1,034	25	1
3	450	0,68	556,4	3,4	1,034	25	1
4	610	0,78	526,1	3,4	1,034	25	1
5	790	1,00	390,2	3,4	1,034	25	1
6	1.060	1,46	367,2	3,4	1,034	25	1
7	1360	1,94	258,4	3,4	1,034	25	1
8	1660	2,59	200,1	3,4	1,034	25	1
9	1860	2,85	180,6	3,4	1,034	25	1
10	2160	3,13	0	3,4	1,034	25	1

b. Turbin Pelton sudu 12

Tabel 2. Turbin Pelton sudu 12

No	F (Gram) Beban	F (Gram) Pegas	N (rpm) Putaran turbin	V (m/s) Kecepatan aliran	P (bar) Tekanan	D pulley (mm)	D Tali (mm)
1	0	0	714,5	3,4	1,034	25	1
2	180	0,22	643,5	3,4	1,034	25	1
3	370	0,35	581,4	3,4	1,034	25	1
4	530	0,78	543,3	3,4	1,034	25	1
5	960	1,55	374,2	3,4	1,034	25	1
6	1260	2,14	235,1	3,4	1,034	25	1
7	1520	2,68	175,0	3,4	1,034	25	1
8	1920	2,74	166,4	3,4	1,034	25	1
9	2220	3,17	132,3	3,4	1,034	25	1
10	2720	4,01	0	3,4	1,034	25	1

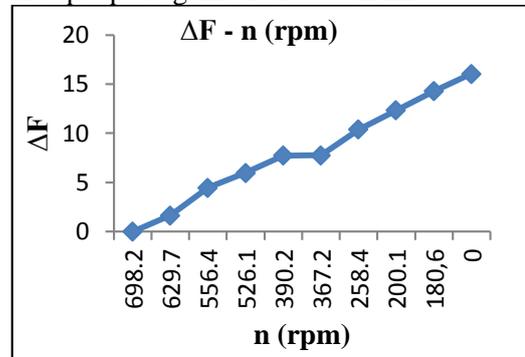
**Perhitungan turbin pelton sudu**

1. Gaya yang menimbulkan torsi pada Pulley  $\Delta F = (F \text{ pegas} + F \text{ beban}) \times g$  (Newton)
2. Torsi (T)  
$$T = \Delta F \times \left( \frac{D \text{ pulley} + D \text{ tali}}{2} \right)$$
3. Kcepatan sudu pada putaran ( $\omega$ )  
$$(\omega) = \frac{2 \pi n}{60}$$
4. Kecepatan tangensial sudu  
$$V \text{ rotor} = \frac{\pi d n}{60}$$
5. Tip Speed Ratio( $\lambda$ )  
$$\lambda \text{ (TSR)} = \frac{V \text{ rotor}}{V \text{ air}}$$
6. Daya Turbin (Pturbin)  
$$P \text{ turbin} = T \cdot \omega$$
7. Daya Air (P air)  
$$P \text{ air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$
8. Koefisien torsi (CT)

$$CT = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho A V^3} = \frac{Cp}{\lambda}$$

**Analisa Dan Pembahasan**

a. Gaya  $\Delta F$  yang bekerja pada poros terhadap putaran n (rpm) sudu 9  
Gaya  $\Delta F$  dari data tabel (terlampir) diplotkan terhadap jumlah putaran rotor n di dapat pada gambar di bawah ini.

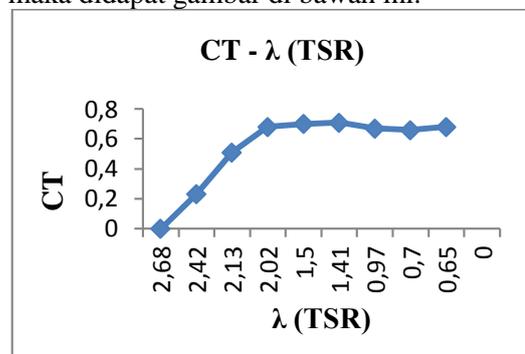


Gambar 2. Grafik  $\Delta F$  yang bekerja pada poros terhadap putaran n(rpm).

Dari gambar grafik menunjukkan 698,2 rpm untuk  $\Delta F_0$ , semakin besar gaya yang bekerja maka kecepatan rotor semakin menurun sampai pada nilai  $\Delta F$  maksimum 16,04 maka rotor berhenti berputar.

Koefisien torsi (CT) terhadap  $\lambda$  (TSR) sudu 9.

Koefisien torsi dari data hasil pada tabel (terlampir) diplotkan terhadap  $\lambda$  (TSR) maka didapat gambar di bawah ini.

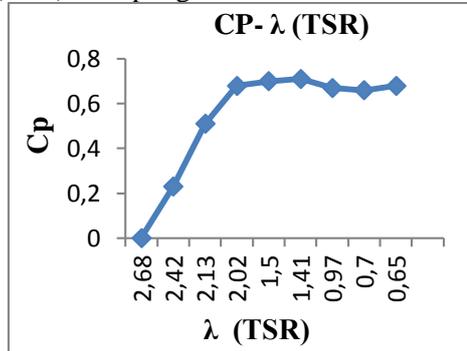


Gambar 3. Grafik Koefisien torsi terhadap  $\lambda$  sudu 9

Grafik koefisien turbin air pada sudu 9 menunjukkan CT max 0,95 pada  $\lambda$  0,65 Dimana batasan torsi pada  $0,65 < \lambda < 2,68$ .

Koefisien daya (Cp) terhadap  $\lambda$  (TSR) sudu 9.

Koefisien daya (CP) data hasil table (terlampir) diplotkan terhadap  $\lambda$  (TSR) terdapat gambar di bawah ini.

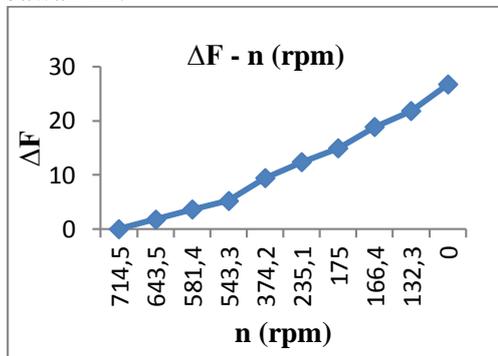


Gambar 4. Grafik Koefisien daya terhadap  $\lambda$  sudu 9

Dari gambar di atas didapat grafik koefisien daya terhadap  $\lambda$  (TSR) turbin pelton sudu 9 maka di dapat nilai Cp max 0,71 pada  $\lambda$  1,41 dengan efisiensi maksimum 71 %. Grafik koefisien daya Cp dan  $\lambda$  semakin menurun sampai titik terendah pada posisi nol menunjukkan rotor turbin berhenti karena besarnya gaya yang bekerja pada poros.

Gaya  $\Delta F$  yang bekerja pada poros terhadap putaran n (rpm) sudu 12.

Gaya  $\Delta F$  dari data table (terlampir) diplotkan terhadap jumlah putran rotor n di dapat pada gambar di bawah ini.



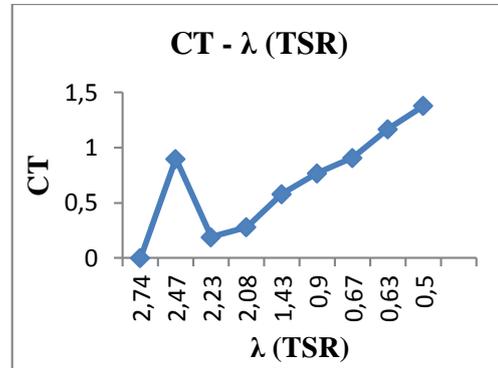
Gambar 5. Grafik  $\Delta F$  yang bekerja pada poros terhadap putaran (rpm) sudu 12.

Dari gambar grafik menunjukkan putaran maksimal rotor 174.5 rpm untuk  $\Delta F$  0, semakin besar gaya yang bekerja maka kecepatan semakin menurun

sampai pada nilai  $\Delta F$  maksimum 26,72 maka rotor berhenti berputar.

Koefisien torsi (CT) terhadap  $\lambda$  (TSR) sudu 12

Koefisien torsi dari data hasil pada tabel (terlampir) diplotkan terhadap  $\lambda$  (TSR) maka didapat gambar di bawah ini.

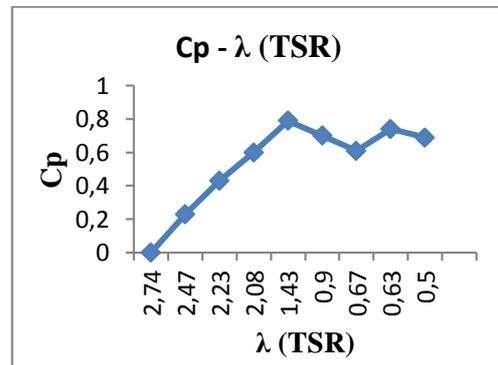


Gambar 6. Grafik Koefisien torsi (CT) terhadap TSR sudu 12.

Gambar grafik koefisien turbin air pada sudu 12 menunjukkan CT max 1,38 pada  $\lambda$  0,50 dimana batasan torsi pada  $0,50 < \lambda < 2,74$ .

Koefisien daya (Cp) terhadap  $\lambda$  (TSR) sudu 12

Koefisien daya CP terhadap data hasil table 4.4 (terlampir) diplotkan terhadap  $\lambda$  (TSR) didapatkan gambar di bawah ini.



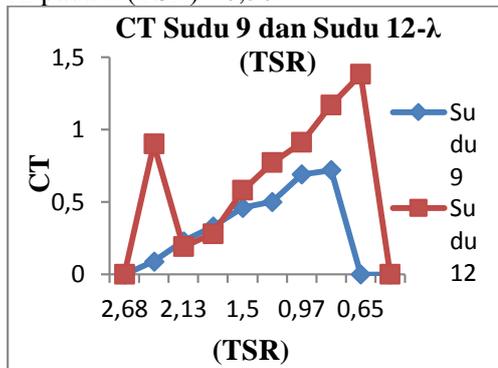
Gambar 7. Grafik Koefisien daya (Cp) terhadap  $\lambda$  (TSR) sudu 12.

Dari gambar di atas didapat grafik koefisien daya turbin Pelton sudu 12 maka di dapat nilai CP max 0,71 pada  $\lambda=1,43$  dengan efisiensi maksimum 79%. Grafik koefisien daya Cp, dan  $\lambda$  (TSR) semakin menurun sampai titik terendah pada posisi nol menunjukkan rotor turbin

berhenti karena besarnya gaya yang bekerja pada poros.

Perbandingan hasil grafik koefisien torsi (CT) sudu 9 dan sudu 12

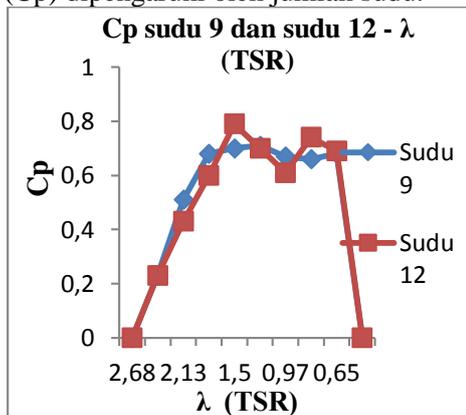
Pada gambar ditampilkan grafik koefisien daya pada sudu 9 didapat nilai CT max = 0,95, terjadi pada  $\lambda$  (TSR) = 0,65 dan koefisien daya (CT) pada sudu 12 didapat nilai CT max = 1,38. Disini terlihat koefisien torsi (CT) sudu 9 lebih kecil dari pada koefisien torsi (CT) sudu 12 pada  $\lambda$  (TSR)= 0,50.



Gambar 8. Grafik koefisien torsi (CT) sudu 9 dan sudu 12

Perbandingan hasil grafik koefisien daya (Cp) sudu 9 dan sudu 12

Pada gambar 4.13 ditampilkan grafik koefisien torsi pada sudu 9 menunjukkan nilai koefisien daya (Cp) max=0,71, terjadi pada  $\lambda$  (TSR) = 1,41 dan pada sudu 12 menunjukkan nilai koefisien (Cp) max=0,79 terjadi pada  $\lambda$  (TSR) = 1,43. Disini Terlihat koefisien daya (Cp) sudu 9 lebih kecil dari pada koefisien daya (Cp) sudu 12 pada  $\lambda$  (TSR)= 1,43. Peningkatan koefisien daya (Cp) dipengaruhi oleh jumlah sudu.



Gambar 9. Grafik koefisien daya (Cp) sudu 9 dan sudu 12

**Kesimpulan**

Dari hasil pengujian kinerja turbin Pelton dengan menggunakan variasi sudu serta hasil analisa perhitungan data pengujian maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data percobaan pertama dengan sudu 9 didapat koefisien torsi (CT) max = 0,95 pada  $\lambda$  TSR = 0,65 koefisien daya (Cp) max = 0,71 pada  $\lambda$  = 1,41, efisiensi max 71 % dengan daya turbin max = 4,08 watt.
2. Dari data percobaan kedua dengan sudu 12 didapat koefisien torsi (CT) max = 1,38 pada  $\lambda$  TSR = 0,50. Koefisien daya (Cp) = 0,79,  $\lambda$  TSR = 1,43 . efisiensi max = 79 % dengan daya turbin max 4,69 watt.
3. Pada turbin pelton sangat berpengaruh pada jumlah sudu, putaran rotor turbin tertinggi 9,84 pada sudu 12.
4. Dari 2 percobaan dapat di simpulkan dengan kecepatan air 3,4 m/s di dapat daya turbin tertinggi 4,69 watt pada sudu 12.
5. Dari dua tahap percobaan pengambilan data sudu 9 dan sudu 12 efisiensi maksimum ( $\eta$  max) tertinggi pada sudu 12 mempunyai  $\eta$  max = 79%.

**Daftar Pustaka**

Arif, W. Y. (2011). Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Dengan Jumlah Sudu 16 dan 18. *Mesin Konversi Energi* , 6-7.

Arif, W. Y. (2011). *Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Dengan Jumlah Sudu 16 Dan 18*. Yogyakarta: Universitas Sanarta Dharma.

Astu, P., & Djati, N. (2013). *Mesin Konversi Energi Edisi III*. Yogyakarta: FL. Sigit Suyantoro. blogger. (2013, 07 3).

<http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/turbin-air.htm>. Retrieved 06 11, 2019,

from Dunia Mesin:  
<http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/turbin-air.html> Daryanto. (2011). *Teknik Konversi Energi*. Bandung: PT. Sarana tutorial nurani sejahtera.

[https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin). (2015, Juli 21). Retrieved November 25, 2018, from Wikipedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin) Muchlis. (2012). Model Sudu Dan Nozel Pada Turbin Pelton Sebagai Pembangkit Listrik Mikrohidro. *Manfaat Ilmu*, 5-5.

Wikimedia. (2018, November 21). [https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit\\_listrik\\_tenaga\\_surya](https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik_tenaga_surya). Retrieved Februari 2, 2019, from Wikipedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit\\_listrik\\_tenaga\\_surya](https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik_tenaga_surya)

Dietzel, Fritz, 1996, Turbin Pompa dan Kompresor, Cetakan Ke-5, Penerbit Erlangga, Jakarta.