

PENGARUH LUBANG DAN JUMLAH DISK TERHADAP PERFORMA TURBIN TESLA

Marfizal¹⁾, Dedi Wardianto^{2)*}, Sufiyanto³⁾

^{1),3)} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang, Indonesia

*Correspondent Author Email: wardiantodedi71@gmail.com

Abstract

This research focuses on the effect of holes and the number of disks on the performance of the Tesla turbine, where this experiment uses one Tesla turbine unit with a constant inflow discharge of 0.037 m³/s and a constant load of 50 kg on. Then testing was carried out by varying the number of holes on the disk (4, 6, 8) and varying the number of disks (11, 13, 15) with a hole diameter of 10 mm, disk diameter of 160 mm, disk thickness of 0.5 mm. After testing and data analysis, it can be seen that the variations in the number of holes on the disk (4, 6, 8) and the number of disks factor can be concluded that the maximum power is 310,148 Watts for the number of holes on the disk factor while for the number of disks factor it is 301,154 Watts, where there is a difference of 8,994 Watts. Meanwhile, the maximum efficiency is 73.754 for the number of holes in the disk, while for the number of disks it is 71.652, where there is a difference of 2.102.

Keywords: Turbine, Tesla, Disk, Performance

Abstrak

Penelitian ini fokus pada Pengaruh lobang dan jumlah disk terhadap performa turbin tesla, dimana eksperimen ini menggunakan satu unit turbin tesla dengan debit aliran masuk konstan 0,037 m³/s dan pembebanan konstan 50 kg pada. Kemudian dilakukan pengujian dengan memvariasikan jumlah lobang pada disk (4, 6, 8) dan memvariasikan jumlah disk (11, 13, 15) dengan diameter lobang 10 mm, diameter disk 160 mm, tebal disk 0.5 mm. setelah dilakukan pengujian dan Analisa data terlihat bahwa variasi faktor jumlah lobang pada disk (4, 6, 8) dan faktor jumlah disk dapat disimpulkan bahwa daya maksimum 310,148 Watt untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk faktor jumlah disk sebesar 301,154 Watt, dimana terdapat selisih sebesar 8,994 Watt. Sedangkan untuk efisiensi maksimum 73,754 untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk faktor jumlah disk sebesar 71,652, dimana terdapat selisih sebesar 2,102.

Kata Kunci : Turbin, Tesla, Disk, Performa

1. PENDAHULUAN

Di era sekarang ini semakin meningkatnya kebutuhan akan energi tidak sebanding dengan semakin menipisnya energi fosil dan minyak bumi. Sehingga semakin meningkatnya permintaan untuk memenuhi kebutuhan energi di era sekarang dengan memanfaatkan sumber daya terbarukan seperti energi potensial air, udara, maupun thermal panas bumi. Di negeri tercinta ini yaitu Indonesia memiliki sumber daya energi terbarukan yang sangat melimpah yang bisa dimanfaatkan sebagai energi. Dalam memanfaatkan sumber energi tersebut memerlukan suatu mesin konversi energi yaitu turbin. Potensi energi air sangat baik untuk di manfaatkan sebagai sumber energi listrik sebagai salah satu faktor utama dalam menunjang perkembangan pembangunan perekonomian [1].

Konsep turbin Tesla ditemukan pertama kali oleh Nikola Tesla. Turbin Tesla pertama kali dibuat pada tahun 1906 oleh Julius C. Czito, menggunakan 8 buah piringan yang berdiameter 15,2 cm dengan berat kurang dari 4,5 kg dapat membangkitkan daya sebesar 30 Hp dengan putaran maksimum mencapai 35000 rpm. Pada tahun 1910 Czito dan Tesla membuat model yang lebih besar dengan piringan berdiameter 30,5 cm. Putarannya hanya mencapai 10000 rpm dan menghasilkan daya sebesar 100 Hp. Seperti dijelaskan oleh Rizaldi [2], pada tahun 1911 Czito dan

Tesla membuat model dengan diameter piringan sebesar 24,8 cm, putarannya berkurang menjadi 9000 rpm tetapi daya yang dihasilkan malah semakin besar yakni sebesar 110 Hp.

Telah banyak peneliti terdahulu melakukan penelitian seperti Borate dan Misal [3] meneliti efek permukaan lapisan penutup dan jarak antar disk terhadap kinerja turbin. Mereka menggunakan 6 disk dengan diameter disk 152 mm dan tebal disk 2 mm. Permukaan lapisan penutup bervariasi dari halus sampai kasar dan variasi jarak antar disk yang digunakan adalah 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm dan 2,5 mm. Mereka menyimpulkan bahwa jumlah disk, jarak antara disk dan permukaan lapisan penutup disk mempengaruhi kinerja turbin secara signifikan. Kecepatan rotor meningkat dengan jumlah disk sampai di tingkat tertentu. Hal ini dikarenakan oleh meningkatnya daerah kontak dari jet air dengan dinding dan mengarah ke peningkatan kekuatan gesek dan efek lapisan batas.

Machado et al. [4] telah melakukan penelitian tentang efisiensi turbin Tesla. Percobaan mereka menghasilkan efisiensi yang jauh lebih rendah dari perkiraan. Efisiensi teoritis Tesla untuk turbin berkisar antara 99% sampai 40% namun efisiensi eksperimental kira – kira antara 2,5% dan 4,7%. Ada sejumlah variabel yang tidak diperhitungkan saat mengukur data eksperimen dan yang dapat mempengaruhi kinerja turbin jika dimodifikasi. Beberapa variabel yang diperhitungkan yaitu resistansi bantalan (gesekan), mengingat turbin beroperasi pada putaran yang sangat tinggi melebihi 11000 rpm selama berjalan tanpa beban, bantalan ABEC 7 dengan kecepatan operasi 14000 rpm dipilih namun tetap panas. Dari uji coba dan teori Tesla dibalik pengoperasian turbin tidak jelas bagaimana lubang keluar antar disk akan mempengaruhi kinerja turbin. Delapan lubang pada jarak yang sama dari pusat disk, pada 45 derajat putaran pemisahan dan diameter 3/8 dipilih karena menyerupai desain yang digunakan oleh Tesla.

Peshlakai [5] telah membuat penelitian tentang penghambat fleksibilitas turbin Tesla: variasi fluida kerja dan kinerja turbin. Turbin Tesla terbukti menjadi penggerak utama serbaguna mampu menghasilkan tenaga dari berbagai fluida kerja. Hasil uji eksperimental menunjukkan bahwa turbin khusus ini paling sesuai untuk gas ideal atau uap, namun kinerjanya buruk sebagai turbin hidro. Kemampuan turbin ini untuk menerima uap jenuh memberikan manfaat bagi kemungkinan sistem tenaga rankine berskala kecil menjadi pilihan yang tepat untuk produksi tenaga skala perumahan. Kinerja turbin Tesla tidak dioptimalkan, namun efisiensi rotor turbin dan keluaran daya dipresentasikan untuk dua nozzle yang berbeda yang digunakan dalam pengujian. Percobaan mengkonfirmasi bahwa efisiensi turbin dapat melebihi 30%.

Jose et al. [6] melakukan studi teoritis pada permukaan lapisan penutup, jarak antara disk dan kinerja turbin Tesla. Mereka menyimpulkan bahwa jumlah disk, jarak antara disk dan permukaan disk mempengaruhi kinerja turbin Tesla secara signifikan. Untuk jarak yang lebar antara disk ini hanya berfungsi sebagai turbin impuls. Percobaan yang ada menunjukkan bahwa kerugian yang terjadi pada nozzle sangat besar dan karenanya perlu ditangani untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan turbin Tesla. Eksperimental menunjukkan bahwa efisiensi dari disk dapat ditingkatkan sebesar 5 sampai 6% dengan menggunakan disk alur spiral (disk kasar).

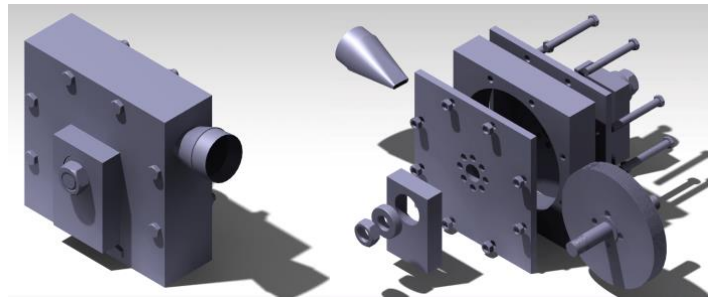
Untuk menganalisis hasil percobaan, beberapa persamaan perlu digunakan. Pada penelitian ini menggunakan dinamometer rope break untuk mengukur torsi dan alat tachometer untuk mengetahui rpm turbin. Berikut adalah persamaan untuk menghitung torsi yang dibangkitkan oleh turbin, yang mana persamaan tersebut juga digunakan oleh Awasthi and Aggarwal [7].

Turbin tesla merupakan turbin bladeless karena pada turbin tesla menggunakan disk yang polos tidak seperti turbin pada umumnya yang menggunakan sudu pada turbin agar fluida memberikan tekanan pada sudu hingga memutar rotor. Tetapi turbin tesla memanfaatkan efek dari fluida yang menghambat pada celah antar piringan akibat dari viskositas, sehingga memanfaatkan efek boundary layer yaitu efek lapisan batas interaksi antara media fluida terhadap blade atau piringan. [8].

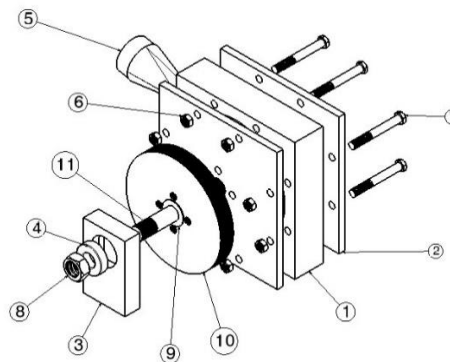
2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (eksperimental research) yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui

eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh jumlah lobang dan Jumlah disk terhadap performa turbin tesla seperti gambar dibawah :



Gambar 1. Turbin Tesla

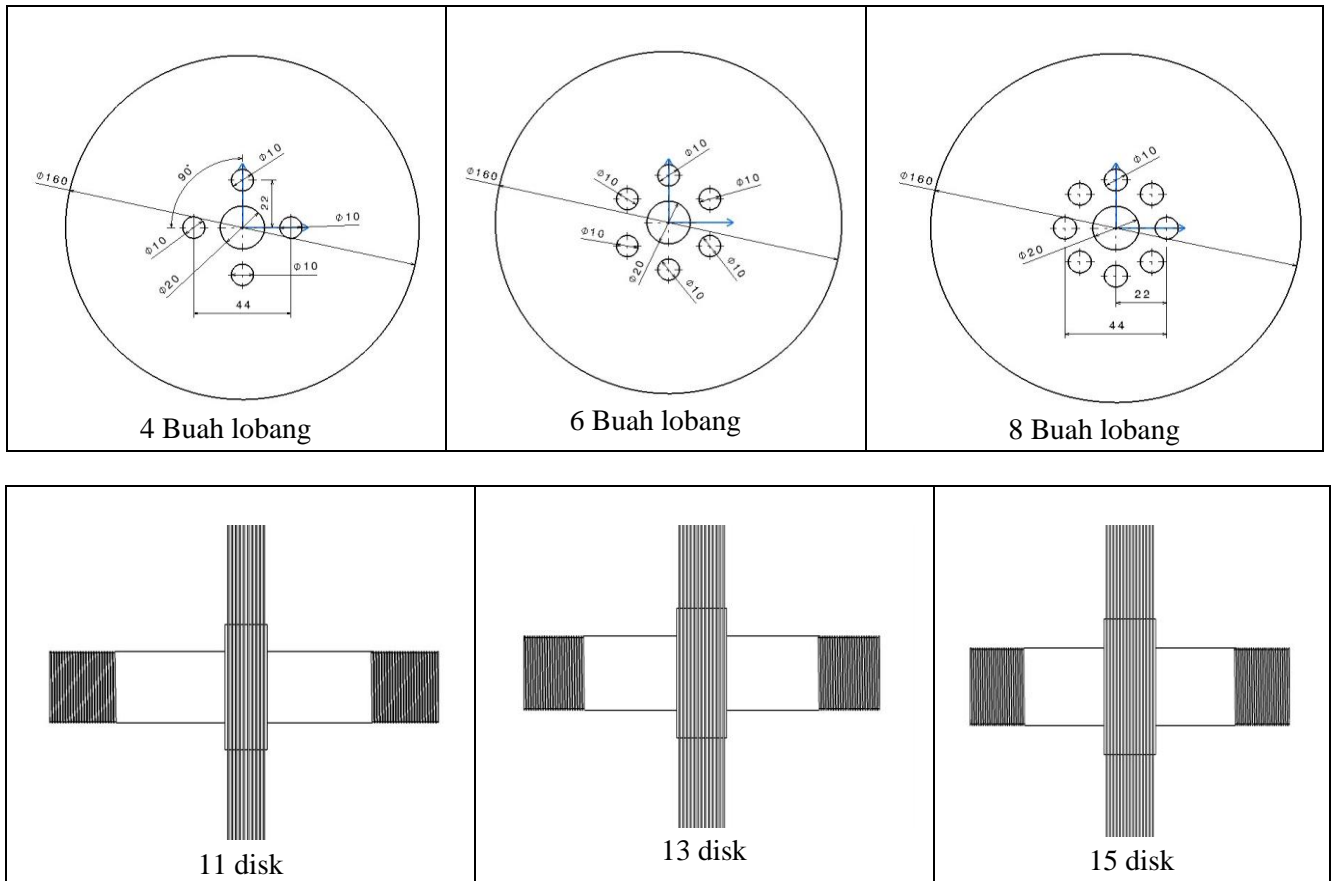


Gambar 2. Komponen – komponen Turbin Tesla

Keterangan gambar:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1) Rumah turbin | 6) Rumah turbin |
| 2) Dinding rumah turbin | 7) Dinding rumah turbin |
| 3) Kedudukan bearing | 8) Kedudukan bearing |
| 4) Bearing | 9) Bearing |
| 5) Nozel | 10) Nozel |

Pada penelitian ini menggunakan disk yang jumlah lobangnya, 4, 6, 8, dengan diameter lobang 10 mm, diameter disk 160 mm, tebal disk 0.5 mm Sedangkan untuk jumlah Disk pada penelitian ini menggunakan 11, 13, 15 dengan jarak antar disk 1 mm seperti terlihat dibawah ini



Gambar 3. Jumlah lobang dan Disk

2.1 Analisa Data

- 1) Menghitung kecepatan aliran

$$V = \frac{s}{t} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

Keterangan: S = Jarak tempuh (m)

t = Waktu (s)

- 2) Menghitung debit aliran

$$Q = \frac{v}{A} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2)$$

Keterangan: V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang aliran (m²)

- 3) Daya hidrolis

$$P = p \cdot g \cdot h \cdot Q \text{ (watt)} \quad (3)$$

Keterangan: p = Massa jenis air ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$),

g = Gravitasi (m/s²)

h = Tinggi jatuh air (m)

Q = Debit aliran (m²/s)

- 4) Menghitung daya torsi

$$T = m \cdot g \cdot L \text{ (Nm)} \quad (4)$$

Keterangan: m = Pembebanan (kg)

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

L = Jari-jari turbin (m)

- 5) Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi \cdot N}{60} \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \quad (5)$$

Keterangan: N = Putaran turbin (Rpm)

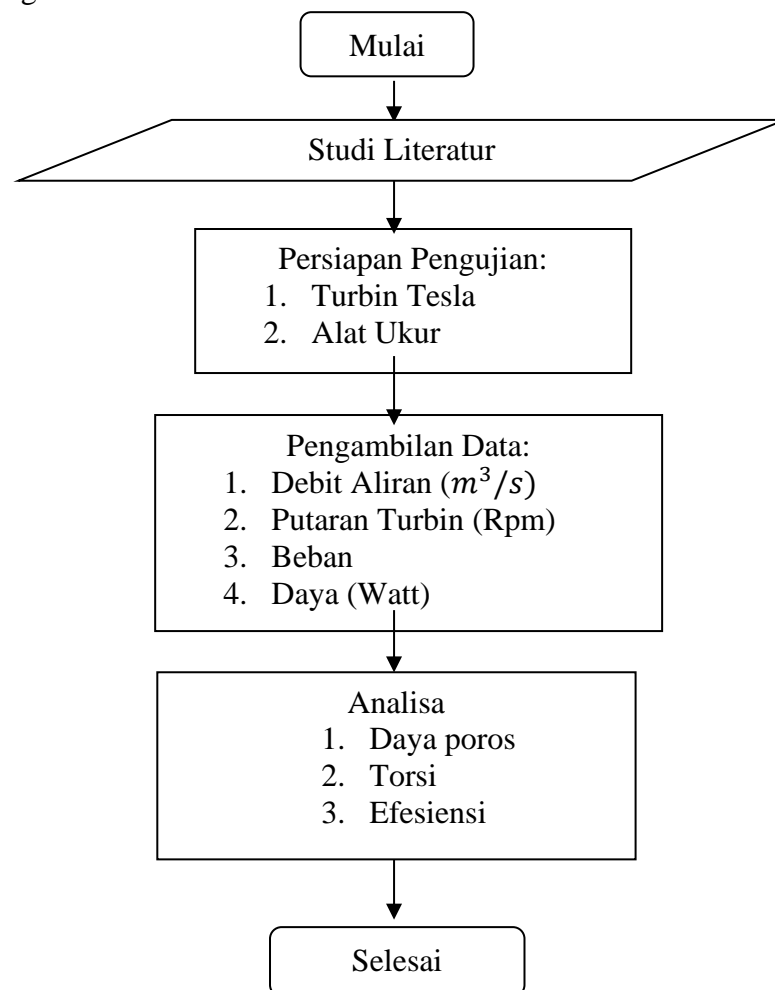
- 6) Daya poros

$$P_p = T \cdot \omega \text{ (watt)} \quad (6)$$

Keterangan: T = Torsi yang terjadi (Rpm)

ω = Kecepatan sudut ($\frac{\text{rad}}{\text{s}}$)


Berikut adalah diagram alir dari beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ditampilkan pada gambar.



Gambar 4. Diagram Alir

2.2 Alat Ukur

Berikut adalah alat ukur yang akan digunakan pada saat pengambilan data eksperimen turbin tesla:

Alat ukur	Fungsi	Spesifikasi
	digunakan untuk melakukan pengukuran durasi waktu	spesifikasi Ukuran : 78 mm x 63 mm x 18 mm Material : Plastik Pengukuran per detik : 1/100
	alat ukur yang dipakai untuk mengukur laju aliran	Catu daya: 5V DC, Rentang pengukuran: 10-300, Nomor el: US211M Lite HS20TA, Akurasi: +- 1%, Rentang tampilan suhu: -20 -99 celcius
	untuk mengukur kecepatan rotasi pada sebuah objek, khususnya jumlah putaran yang sedang dilakukan oleh sebuah poros dalam satuan waktu	Power supply : DC8 – 24V 40ma, Measure range : 5 – 9999 RPM, Detection range : 10mm, Detection object : Magnet, Response frequency : 100Hz, Operating temperature : 0 to 50°C
	untuk mengukur massa dan sekaligus alat ukur berat benda	Tipe: DLE-300, Kapasitas: 300 Kg, Ketelitian: 100 Gr

Sebelum melakukan pengujian pada turbin tesla, perlu diketahui nilai parameter, gar dapat menghitung aliran fluida pada turbin tesla. Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai dari fluida yaitu:

Tabel 1. Parameter Penelitian

Parameter tetap	Ukuran	Satuan
Density air, ρ	1000	Kg/m ³
Putaran turbin, n	1500	Rpm
Viskositas kinematic, ν	1,007 x 10 ⁻⁵	m ² /s
Tinggi air terjun, h	9,8	M
Debit, q	0,0038	m ³ /s
Diameter disk	160	mm
Jumlah lubang, (4, 6,8)	10	mm
Jumlah disk, (11,13,15)	160	mm

2.3 DATA PENGUJIAN.

Pengujian dilakukan dengan debit aliran masuk konstan 0,037 m³/ menggunakan disk yang jumlah lobangnya, 4, 6, 8, dengan diameter lobang 10 mm, diameter disk 160 mm, tebal disk 0.5 mm Sedangkan untuk jumlah Disk pada penelitian ini menggunakan 11, 13, 15 dengan jarak antar disk 1 mm dengan pengambilan data masing masing 5 kali. Perlakuan berikan sama seperti debit dan beban poros, dengan kata lain kita memberikan torsi yang sama sebagai berikut:

Tabel 2. Data Pengujian Pengaruh Jumlah Disk

Pengujian Ke	Beban (Kg)	Debit aliran (m ³ /detik)	Pengujian Jumlah Disk	Putaran Poros (rpm)	Jumah Lobang Disk	Putaran Poros (rpm)
1	50	0.00833	11	582	4	604
2				562		615
3				560		534
4				559		578
5				560		600
1	50	0.00833	13	580	6	618
2				597		583
3				577		573
4				583		602
5				566		567
1	50	0.00833	15	604	8	610
2				615		597
3				534		604
4				578		600
5				600		606

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk daya hidrolik pada penelitian ini perlu dihitung untuk mendapatkan efisiensi turbin tesla akibat pengaruh jumlah lobang dan jumlah dis dengan debit 0,0037 m³/s dengan head hidrolik 11,47 m sebagai berikut:

Daya Hidrolik

$$P_h = \rho \times g \times h \times q \quad (7)$$

$$P_h = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{m^2} \times 11,47 m \times 0,0037 \frac{m^3}{s}$$

$$P_h = 416,32 watt$$

Tabel 2. Hasil Analisa Data

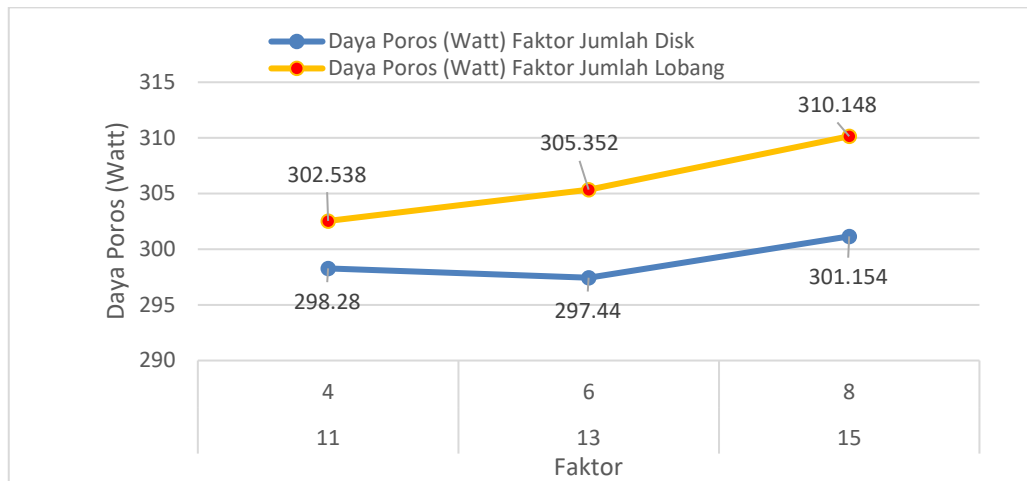
Faktor Jumlah Disk	Putaran Poros (rpm)	Kecepatan Sudut (w)	Daya Poros (Watt) Faktor Jumlah Disk	eff (%)	Faktor Jumlah Lobang disk	Kecepatan Sudut (w)	Putaran Poros (rpm)	Daya Poros (Watt) Faktor Jumlah Lobang	eff (%)
11	582	60.92	274.15	71.14	4	63.22	604	284.15	73.83
	562	58.82	296.74	68.7		64.37	615	299.31	75.17
	560	58.61	306.49	68.45		55.89	534	308.03	65.27
	559	58.51	308.03	68.33		60.50	578	310.09	70.65
	560	58.61	305.99	68.45		62.80	600	311.11	73.34
Rata-rata	564.60	59.09	298.28	69.01		61.36	586.20	302.54	71.65
13	580	60.71	287.5	70.9	6	64.68	618	291.09	75.54
	597	62.49	288.53	72.97		61.02	583	296.74	71.26
	577	60.39	297.5	70.53		59.97	573	310.03	70.04
	583	61.02	303.58	71.26		63.01	602	313.17	73.59
	566	59.24	310.09	69.19		59.35	567	315.73	69.31
Rata-rata	580.60	60.77	297.44	70.97		61.61	588.60	305.35	71.95
15	604	63.22	274.15	73.83	8	63.85	610	302.17	74.56
	615	64.37	297.77	75.17		62.49	597	308.03	72.97
	534	55.89	308.03	65.27		63.22	604	310.09	73.83
	578	60.5	310.09	70.65		62.80	600	313.17	73.34
	600	62.8	315.73	73.34		63.43	606	317.28	74.07
Rata-rata	586.20	61.36	301.15	71.65		63.16	603.40	310.15	73.75

Tabel 3. Rata Rerate Hasil Perhitungan

Faktor Jumlah Disk	Putaran Poros (rpm)	Kecepatan Sudut (w)	Daya Poros (Watt) Faktor Jumlah Disk	eff (%)	Faktor Jumlah Lobang disk	Kecepatan Sudut (w)	Putaran Poros (rpm)	Daya Poros (Watt) Faktor Jumlah Lobang	eff (%)
11	564.6	59.094	298.28	69.014	4	61.36	586.2	302.538	71.652
13	580.6	60.77	297.44	70.97	6	61.61	588.6	305.352	71.948
15	586.2	61.356	301.154	71.652	8	63.16	603.4	310.148	73.754

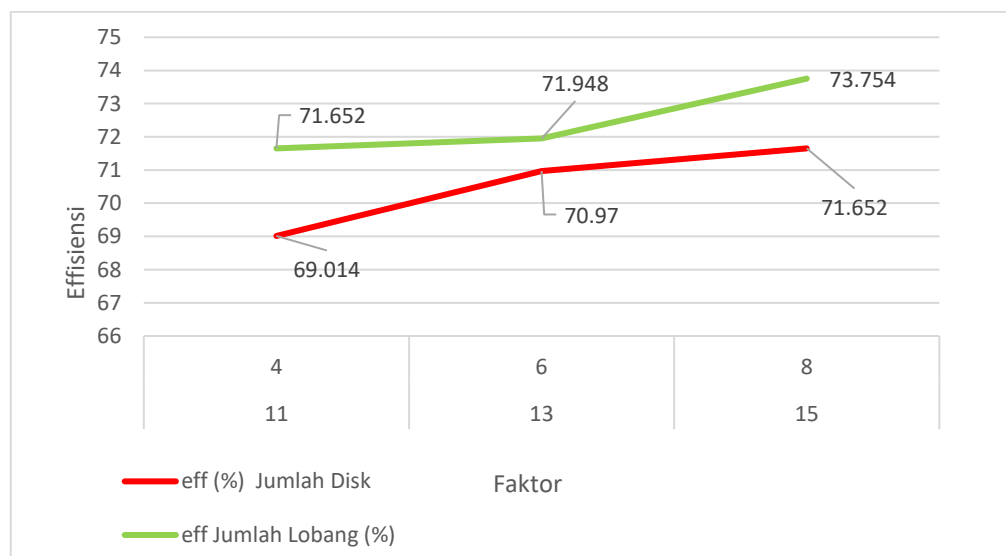
Tabel 4. Perbandingan Putaran, Daya dan Efisiensi

Pengaruh	Putaran Poros (rpm)	Daya Poros (Watt)	Efisiensi
Disk 11	564.6	298.28	69.014
Disk 13	580.6	297.44	70.97
Disk 15	586.2	301.154	71.652
Lobang Disk 4	586.2	302.538	71.652
Lobang Disk 6	588.6	305.352	71.948
Lobang Disk 8	603.4	310.148	73.754
Rata-rata	584.93	302.485	69.014



Gambar 5. Grafik Daya Poros Untuk Jumlah Lobang Dan Jumlah Disk

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa daya poros untuk faktor jumlah lobang pada disk (4,6,8) lebih besar dari pada daya poros untuk faktor jumlah disk (11, 13, 15) pada poros yang dihasilkan dengan daya maksimum 310,148 Watt untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk factor jumlah disk sebesar 301,154 Watt, dimana terdapat selisih sebesar 8,994 Watt.



Gambar 6. Grafik Effisiensi Turbin Untuk Jumlah Lobang Dan Jumlah Disk

Untuk efisiensi turbin,tesla terlihat pada grafik diatas bahwa efisiensi untuk faktor jumlah lobang pada disk (4,6,8) lebih besar dari pada efisiensi untuk faktor jumlah disk (11, 13, 15) yang dihasilkan, efisiensi maksimum 73,754 untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk faktor jumlah disk sebesar 71,652, dimana terdapat selisih sebesar 2,102.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan eksperimen pada turbin tesla dengan variasi faktor jumlah lobang pada disk (4,6,8) dan faktor jumlah disk dapat disimpulkan bahwa daya maksimum 310,148 Watt untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk faktor jumlah disk sebesar 301,154 Watt, dimana terdapat selisih sebesar 8,994 Watt. Sedangkan untuk efisiensi maksimum 73,754 untuk faktor jumlah lobang pada disk sedangkan untuk faktor jumlah disk sebesar 71,652, dimana terdapat selisih sebesar 2,102

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bernhard Pelikan. 2004. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. ESHA 2004.
- [2] D. Rizaldi, "Rancang Bangun Turbin Tesla Sebagai Turbin Air dan Analisa Perbandingan Variasi Jumlah Disk dan Jarak Antar Disk, " Skripsi, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2015.
- [3] H.P. Borate dan N.D. Misal, "An Effect of Surface Finish and Spacing Between Discs on The Performance of Disc Turbine, " Int. J. Applied Research in Mechanical Engineering (IJARME), vol. 2(1), pp. 25-30, 2012.
- [4] A. Machado, et al., "Tesla Tubine Efficiency, " Fluid Mechanics, Mechanical Engineering Department, School of Engineering, Universidad del Turabo, Gurabo, PR 00778-3030, 2014
- [5] A. Peshlakai, "Challenging the Versatility of the Tesla Turbine: Working Fluid Variations and Turbine Performance, " Arizona State University, 2012
- [6] R. Jose, et al., "A Theoretical Study on Surface Finish, Spacing between Discs and Performance of Tesla Turbine," Int. Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, vol. 3(3), pp. 235-240, 2016.
- [7] K. Awasthi dan A. Aggarwal, "Experimental investigation of Tesla turbine and its underlying theory, " Int. J. Engineering Trends and Technology (IJETT), vol. 13(2), pp. 98-100, 2014
- [8] Yonanda guntur, [https://ft.ung.ac.id/ejurnal-mahasiswa pengujian-pengaruh-variasi-jumlah-dan-jarak-antar-disk-pada-rancang-bangun-turbin-tesla-dengan-kapasitas-air-konstan.html](https://ft.ung.ac.id/ejurnal-mahasiswa%20pengujian-pengaruh-variasi-jumlah-dan-jarak-antar-disk-pada-rancang-bangun-turbin-tesla-dengan-kapasitas-air-konstan.html).