



STUDI EXPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA DAN JARAK DISK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN PADA MODEL PROTOTIPE TURBIN TESLA SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Yonanda Guntur Prasetyo

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: guntursider@gmail.com

ABSTRACT

With the depletion of fossil energy resources and petroleum and the increasing demand for energy sufficiency required in order to take advantage of renewable resources such as the potential energy of water, wind, thermal and geothermal. Generally, Tesla turbine using steam or compressed air as a driving media which operate on the principle of boundary layer. The purpose of this study is to determine the effect of air pressure variation and disk distance to the power generated on the Tesla Turbine prototype model as a power plant. The steps in this research include the idea of research, literature studies and field studies, the manufacture of test equipment, testing, data analysis of test results, and conclusions.

The calculations used in this study are calculations on shear forces and tangential force of the turbine shaft to obtain the amount of power generated on the Tesla Turbine.

Variations were made using pressure (P) 30 psi, 40 psi, 50 psi and disk spacing 1 mm, 2 mm, 3 mm. The test results on the variation of P = 50 psi and 1 mm disk spacing produces a high power of 25.6 watts. While the test on the variation of P = 30 psi and 3 mm disk spacing produce 13.7 watt smaller power. At 3 mm disk spacing variations get the lowest power because the disk does not receive pressure from the nozzle that causes the rotation on the turbine shaft not maximum.

Keywords: Turbine turbine, Boundary layer, Pressure, Disk spacing, Power.

PENDAHULUAN

Di era modern seperti sekarang ini kebutuhan akan energi semakin banyak. Dengan menipisnya sumber energi fosil dan minyak bumi, dan semakin meningkatnya permintaan untuk mencukupi kebutuhan energi dituntut agar memanfaatkan sumber daya terbarukan seperti energi potensial air, angin, maupun thermal panas bumi. Di Indonesia sendiri untuk sumber daya terbarukan sangat melimpah yang bisa dimanfaatkan sebagai energi. Untuk memanfaatkan energi tersebut diperlukan suatu mesin konversi berupa turbin.

Turbin Tesla atau biasa disebut *prandtl turbine* dan *boundary layer turbine*, adalah mesin turbo non-konvensional yang beroperasi pada prinsip *boundary layer*. Turbin Tesla merupakan turbin yang memiliki bentuk yang unik dan sifat yang khusus. Adapun sifat yang dimiliki oleh Turbin Tesla adalah mempunyai putaran yang sangat tinggi dalam bentuk yang kecil serta fluida yang beragam dengan memanfaatkan viskositas dan laju aliran fluida dalam gesekan ruang tertentu menjadikan kelebihan Turbin Tesla, tetapi Turbin Tesla mempunyai kelemahan yaitu torsi yang rendah. Umumnya Turbin Tesla menggunakan uap atau udara

bertekanan sebagai media penggeraknya. Energi fluida dikonversi menjadi gerak rotasi karena *boundary layer effect*. Fluida dialirkan ke rotor lalu menggerakkan disk yang disusun bertumpuk pada satu sumbu poros dengan besar celah tertentu. Aliran fluida bergerak menuju disk secara tangensial, mengikuti pola spiral menuju pusat dan keluar secara aksial. Aliran fluida kehilangan energi kinetiknya pada disk, sehingga menyebabkan rotasi pada rotor.

Dari penelitian yang telah dilakukan, menggunakan 10 disk yang berdiameter 15,2 cm dengan tebal 2 mm mendapatkan daya sebesar 24,08 watt dengan putaran 2.230 rpm. (zahid dkk,2016). 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 35.000 rpm. Pada tahun 1910 Czito dan Tesla membuat model yang lebih besar dengan piringan berdiameter 30,5 cm. Putarannya hanya mencapai 10.000 rpm dan menghasilkan daya sebesar 100 Hp. Lalu pada tahun 1911 mereka membuat model dengan diameter piringan sebesar 24,8 cm, putarannya berkurang menjadi 9.000 rpm tetapi daya yang dihasilkan malah semakin besar yakni sebesar 110 Hp.

Pengembangan turbin tesla ini diharapkan dapat diaplikasikan sebagai pembangkit energi yang ramah lingkungan serta dapat menjadi bahan pembelajaran dan penelitian lebih lanjut.

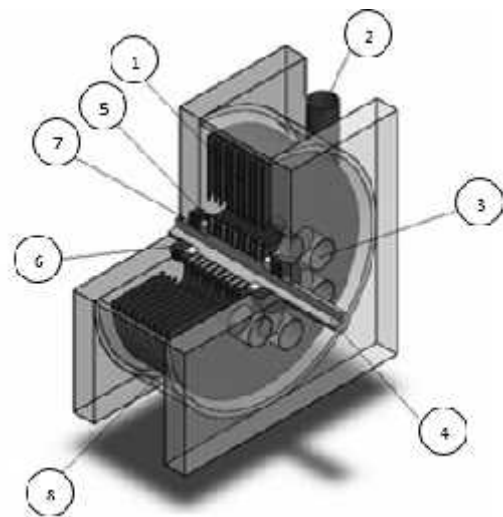
Turbin Tesla

Turbin Tesla merupakan salah satu turbin yang memanfaatkan energi fluida dan viskositas fluida untuk menggerakkan turbin. Konsep turbin tesla ditemukan pertama kali oleh Nikola Tesla. Nikola Tesla lahir pada tanggal 9 Juli 1856, di Smitjan, Kroasia.

Turbin Tesla dipatenkan pada tahun 1913 oleh Nikola Tesla. Tesla berpendapat bahwa untuk perangkat yang memiliki efisiensi tinggi, perubahan kecepatan dan arah harus bertahap. Tesla berusaha untuk

merancang perangkat di mana cairan diizinkan untuk mengikuti jalur alami dengan gangguan minimal, baik untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan kerumitan dalam perangkat.

Tesla juga menunjukkan beberapa faktor penting yang mempengaruhi kinerja, termasuk bahwa meningkatkan ukuran dan kecepatan akan meningkatkan efisiensi, karena tidak mengurangi jarak disk (meskipun pada harga torsi). Dia menjelaskan beberapa keunggulan dibandingkan perangkat tradisional, termasuk kesederhanaan, ringan, perawatan yang mudah, dan biaya rendah. Dia menyebutkan bahwa gradien tekanan sentrifugal meningkat seiring dengan kuadrat dari kecepatan, mencegah perangkat tidak lepas pada kecepatan tinggi yang dapat merusak perangkat.



Gambar 1. Model Prototipe Turbin Tesla

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------|------------|
| 1. Disk | 5. Space |
| 2. Inlet/nosel | 6. Bearing |
| 3. outlet/lubang exhaust | 7. Ring |
| 4. Poros | 8. Casing |

Cara Kerja Turbin Tesla

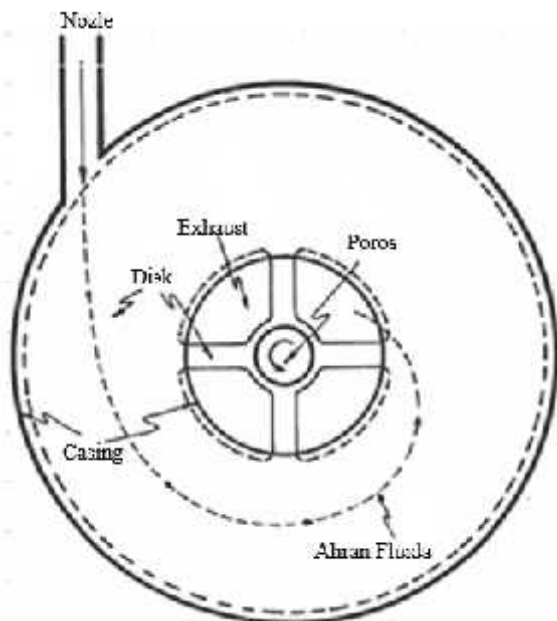
Turbin tesla dapat disebut juga dengan turbin *bladeless* karena pada turbin tesla menggunakan piringan yang polos tidak seperti turbin pada umumnya yang menggunakan sudu pada turbin agar fluida memberikan tekanan pada sudu hingga

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.

Piringan tersusun secara paralel dengan pembatas dari piringan tersebut berupa ring poros. Fluida bertekanan masuk pada tiap piringan, kemudian akibat adanya tekanan adhesi dan viskositas pada fluida terhadap permukaan piringan membuat laju fluida terhambat sehingga memberi gaya pada tiap piringan, dan piringan berputar.

Media fluida akan melewati piringan *blade* tesla membentuk lingkaran spiral menuju pusat piringan *blade* tesla dan kemudian akan keluar pada lubang *exhaust*.

Kecepatan putar dan daya yang dihasilkan pada turbin berdasarkan dari masukan *input*, diameter piringan *blade* tesla, dan jarak antar piringan *blade* tesla. Untuk *input*-an fluida dapat diatur sesuai yang diinginkan, namun untuk diameter piringan dan jarak antar piringan harus sesuai untuk menghasilkan *output* yang optimum. Jarak antar piringan tergantung media fluida yang akan digunakan.

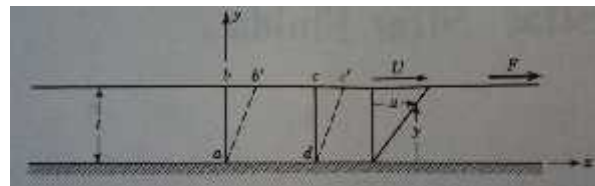


Gambar 2. Skematik Pengujian Turbin Tesla

Aliran Fluida

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila terkena tegangan geser. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan.

Dalam Gambar 3 suatu zat ditempatkan di antara dua buah pelat sejajar dengan jarak antara yang kecil dan yang sedemikian luasnya sehingga keadaan pada tepi-tepi pelat dapat diabaikan. Pelat bawah terpasang tetap, dan suatu gaya F diterapkan pada pelat atas, yang mengerahkan tegangan geser F/A pada zat apapun yang terdapat di antara pelat-pelat itu A ialah luas pelat atas. Bila gaya F menyebabkan pelat atas bergerak dengan suatu kecepatan yang stedi, betapapun kecilnya F , maka kita dapat menyimpulkan bahwa zat di antara kedua pelat tersebut adalah suatu fluida.



Gambar 3. Perubahan bentuk yang diakibatkan oleh penerapan gaya geser yang konstan

Percobaan – percobaan menunjukkan bahwa, dengan besar-besaran lainnya dipertahankan konstan, F berbanding lurus dengan A serta dengan U dan berbanding terbalik dengan tebal t . Dalam bentuk persamaan:

$$F = \mu \frac{A}{t} \omega \cdot r$$

$$F = \mu \cdot A \cdot \frac{\omega \cdot r}{t}$$

Dimana :

- F = Gaya geser (N)
- μ = Viskositas ($N \cdot s/m^2$)
- A = Luas permukaan (m^2)
- = Kecepatan sudut (rad/s)
- r = Jari – jari (m)
- t = Diametral clearance (m)

Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut, air dan udara mempunyai viskositas yang sangat kecil.

Dimensi viskositas ditentukan dari hukum viskositas Newton. Penyelesaiannya untuk viskositas μ

$$\mu = \frac{\tau}{d / d}$$

Dimana :

μ = Viskositas (N.s/m²)
= Tegangan geser (N/m²)
du/dy = Perubahan kecepatan dibagi dengan jarak (rad/s)

Gaya Tangensial

Gaya yang arahnya selalu tegak lurus dengan jari – jari lingkaran dan merupakan gaya yang menyebabkan suatu benda dapat bergerak melingkar. Ketika suatu benda bergerak melingkar, maka benda akan mengalami sebuah gaya tangensial yang dialami oleh benda yang bergerak melingkar berbeda – beda bergantung pada kondisi geraknya.

Maka rumus yang digunakan adalah :

Kecepatan sudut (kecepatan anguler) ω dinyatakan sebagai radian perdetik

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \text{ (rad/s)}$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/s)
n = Putaran poros (rpm)
60 = Waktu (detik)

Jika kecepatan sudut benda berubah sebesar $\Delta\omega$ dalam selang waktu Δt , dikatakan benda itu mempunyai percepatan sudut. Percepatan sudut didefinisikan sebagai :

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

Dimana :

α = Percepatan sudut (rad/det²)
 ω = Kecepatan sudut (rad/det)
t = Waktu (detik)

Kecepatan tangensial (v)

$$v = r \cdot \omega$$

Dimana :

v = Kecepatan tangensial (m/s)
 ω = Kecepatan sudut (rad/s)
r = Jari – jari (m)

Percepatan tangensial (a_t)

$$a_t = r \cdot \alpha$$

Dimana :

a_t = Percepatan tangensial (m/det²)
r = jari – jari (m)
 α = Percepatan sudut (rad/det²)

Untuk menghitung besar dari gaya tangensial yang terjadi pada piringan mesin adalah :

$$F_t = m \cdot a$$

Dimana :

F_t = Gaya Tangensial (N)
m = Massa (kg)
a = Percepatan tangensial (m/s²)

Momen Torsi

$$M_t = F_t \cdot r$$

Dimana :

M_t = Momen Torsi (Nm)
 F_t = Gaya Tangensial (N)
r = Jari - jari (m)

Daya Turbin Tesla

$$M_t = \frac{N}{\omega} \text{ (Nm)}$$

Sehingga,

$$N = M_t \cdot \omega$$

Dimana :

N = Daya (watt)
 M_t = Momen torsi (Nm)
 ω = Kecepatan sudut (rad/det)

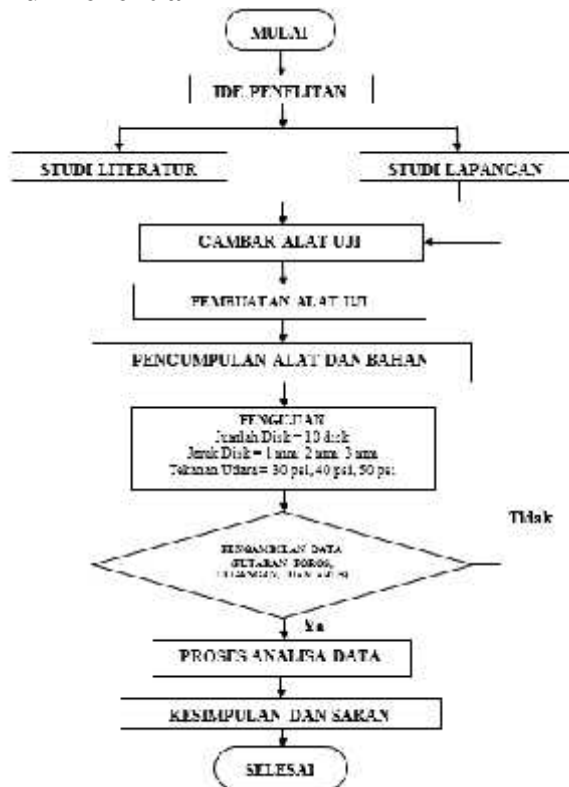
Daya Listrik

$$P = V \times I$$

Dimana:

P = Daya listrik (watt)
V = Tegangan Listrik (volt)
I = Arus Listrik (ampere)

Alur Penelitian



Gambar 4. Alur Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1. Daya Turbin

Jarak Disk 1 mm

P (Psi)	(rad/s)	M_t (Nm)	N (Watt)
30	329,7	0,067	21,6
40	343,3	0,069	23,8
50	356,9	0,074	26,4

Jarak Disk 2 mm

P (Psi)	(rad/s)	M_t (Nm)	N (Watt)
30	314	0,064	20,1
40	321,3	0,066	20,8
50	329,7	0,067	21,6

Jarak Disk 3 mm

P (Psi)	(rad/s)	M_t (Nm)	N (Watt)
30	271,08	0,054	14,2
40	275,3	0,055	14,9
50	298,3	0,060	17,9

Tabel 2. Daya Listrik Yang Dihasilkan Data Pengujian Jarak Disk 1 mm

Tekanan Udara (Psi)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
30	25,3	0,85	21,5
40	25,4	0,9	22,8
50	25,6	1	25,6

Data Pengujian Jarak Disk 2 mm

Tekanan Udara (Psi)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
30	24,6	0,81	19,9
40	25	0,83	20,7
50	25,3	0,85	21,5

Data Pengujian Jarak Disk 3 mm

Tekanan Udara (Psi)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (watt)
30	22,8	0,6	13,7
40	23,4	0,6	14
50	23,7	0,7	16,7

Analisa Data



Gambar 5. Grafik pengaruh perubahan tekanan udara terhadap daya turbin pada jarak disk 1 mm, 2 mm, 3 mm

Hasil uji coba daya turbin pada tiap variasi ditampilkan seperti gambar 4.2. Hasil uji untuk jarak disk 1 mm dengan tekanan 30 psi adalah 21,6 watt, tekanan 40 psi adalah 23,8 watt, dan tekanan 50 psi adalah 26,4 watt. Hasil uji untuk jarak 2 mm dengan tekanan 30 psi adalah 20,1 watt, tekanan 40 psi adalah 20,8 watt, dan tekanan 50 psi adalah 21,6 watt. Hasil uji untuk jarak 3 mm dengan tekanan 30 psi adalah 14,2 watt, tekanan 40 psi adalah 14,9 watt, dan tekanan 50 psi adalah 17,9 watt.

Dari variasi tekanan udara dan jarak disk yang berbeda dapat kita lihat bahwa daya yang dihasilkan pada jarak 1 mm memperoleh daya yang lebih besar dibandingkan jarak 3 mm, dikarenakan pada jarak 3 mm disk tidak mendapatkan tekanan udara secara maksimal dan banyak tekanan yang masuk ke celah disk.



Gambar 6. Grafik pengaruh perubahan tekanan udara terhadap daya listrik pada jarak disk 1 mm, 2 mm, 3 mm

Hasil uji coba daya listrik pada tiap variasi ditampilkan seperti gambar 6. Hasil uji untuk jarak 1 mm dengan tekanan 30 psi adalah 21,5 watt, tekanan 40 psi adalah 22,8 watt, tekanan 50 psi adalah 25,6 watt. Hasil untuk jarak 2 mm dengan tekanan 30 psi adalah 19,9 watt, tekanan 40 psi adalah 20,7 watt, tekanan 50 psi adalah 21,5 watt. Hasil untuk jarak 3 mm dengan tekanan 30 psi adalah 13,7 watt, tekanan 40 psi adalah 14 watt, tekanan 50 psi adalah 16,7 watt. Didapatkan daya listrik paling besar yaitu 25,6 watt pada jarak disk 1 mm dan tekanan 50 psi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan melakukan pengujian pada turbin tesla dengan tekanan 30 psi, 40 psi, dan 50 psi diperoleh daya listrik terbesar 25,6 watt pada tekanan 50 psi.
2. Dengan variasi jarak disk 1 mm, 2 mm, 3mm daya listrik terbesar 25,6 watt diperoleh pada jarak 1 mm.

Saran

Dari penelitian ini saran dari penulis yaitu :

1. Diharapkan ada pengembangan selanjutnya mengenai penelitian turbin tesla ini agar menghasilkan daya yang lebih besar.
2. Dapat menggunakan variasi dari fluida lain dengan nilai viskositas yang berbeda.

REFERENSI

- [1]Zainun, 1999, *Elemen Mesin*, Bandung: Refika aditama.
- [2]Bryan P. Ho-Yan. 2011, *Tesla Turbine for Pico Hydro Applications*, Canada: Guelph Engineering Journal.
- [3]F.W. Sears dan M.W. Zemansky. 1962. *Fisika untuk Universitas 1*. Jakarta: Binacipta

- [4]I. Zahid , A. Qadir, M. Farooq, M. A. Zaheer, A. Qamar, H. M. A Zeeshan, 2016, ***Design and Analysis of Prototype Tesla Turbine for Power Generation Applications***, Pakistan: Technical Journal, University of Engineering and Technology.
- [5]N. Tesla. 1913. **Turbine**. In: *US Patent No. 1,061,206*.
- [6]R.W. Fox dan A.T. McDonald. 1992. ***Introduction to Fluid Mechanics***. New York: Wiley College Software
- [7]V.L. Streeter dan E.B. Wylie. 1991. ***Mekanika Fluida Edisi Delapan***. Jakarta: Erlangga.