

STUDI EKSPERIMEN PERFORMA TURBIN TESLA DENGAN VARIASI DIAMETER PIPA OUTPUT

Herman Sutejo¹, A'razy Fahrudin^{1*}, Rachmat Firdaus¹, Edi Widodo¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jl. Raya Gelam 250, Sidoarjo, Indonesia

*Corresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Abstract

The Tesla water turbine has the potential to be developed for the use of renewable energy. This study were conducted to determine the performance on tesla turbines with each variation of the output. The turbine model is made using a disc with diameter 120 mm. Diameter of the varying outputs are 10 mm; 15 mm and 20 mm. While the distance between disks are 1.2 mm. It was tested at a height of 4 m. The result of performing turbine are torque, turbine power and efficiency in the turbine engine. The largest torque obtained by the turbine output with diameter of 10 mm at 50 rpm shaft rotation is 0.9 Nm. Torque with the lowest output with diameter 20 mm at 250 rpm shaft rotation which is 0.282 Nm. Maximum turbine power is obtained from the variation of output diameter of 10 mm with a shaft rotation of 250 rpm of 8.84 watts and the lowest turbine power obtained from the variation of output diameter 20 mm with shaft rotation of 50 rpm which is 3.51 watt. The efficiency of the turbine obtained from the highest output variation is 0.01 m 96.17% diameter with a shaft rotation of 250 rpm.

Keywords: tesla turbine, output pipe diameter, performance, efficiency turbine.

Abstrak

Turbin Tesla dengan fluida air memiliki potensi untuk dikembangkan untuk pemanfaatan energy terbarukan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pada turbin tesla dengan masing-masing variasi lubang output. Model turbin dibuat dengan menggunakan piringan dari Disk dengan diameter 120 mm. Diameter output yang divariasikan yaitu 10 mm; 15 mm dan 20 mm. Sedangkan jarak antar disk dibuat sama yaitu 1,2 mm. Serta diuji pada ketinggian 4 m. Performa turbin yang merupakan hasil pengujian ini berupa torsi, daya turbin serta efisiensi pada mesin turbin. Torsi terbesar diperoleh turbin dengan diameter pipa 10 mm pada putaran poros 50 rpm yaitu 0,9 Nm. Torsi dengan nila terendah ditunjukkan oleh lubang output berdiameter 20 mm pada putaran poros 250 rpm yaitu 0,282 Nm. Daya turbin maksimal diperoleh dari variasi lubang output berdiameter 10 mm dengan putaran poros 250 rpm sebesar 8,84 watt dan daya turbin terendah diperoleh dari variasi lubang output berdiameter 20 mm dengan putaran poros 50 rpm yaitu 3,51 watt. Efisiensi turbin yang diperoleh dari variasi lubang output tertinggi yaitu berdiameter 10 mm 96,17% dengan putaran poros 250 rpm.

Kata kunci: turbin tesla, diameter pipa output, performa, efisiensi turbin.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan daerah perairan yang lebih luas dibandingkan dengan daerah daratannya. Selain itu Indonesia juga memiliki curah hujan yang tinggi dan banyak daerah

pegunungan. Sehingga Indonesia menyimpan potensi energi air yang besar, dan energi air ini merupakan sumber energy yang terbarukan. Untuk dapat dapat dimanfaatkan lebih banyak energi air perlu dikonversi salah satunya menggunakan

turbin air [1, 2]. Turbin air merupakan turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran didalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin [3].

Turbin air Tesla mempunyai kelebihan yaitu: desainnya yang sederhana, efisiensi yang cukup besar, dan dapat menghasilkan kecepatan putar yang besar. Pembuatan turbin Tesla jauh lebih mudah dibandingkan dengan turbin konvensional. Turbin tesla tidak terpengaruh oleh kualitas fluida, sehingga dapat digunakan dengan cairan yang mengandung partikulat. Turbin tesla adalah turbin reversibel sehingga dapat digunakan sebagai pompa. Dalam konfigurasi pompa, fluida masuk secara aksial di dekat pusat. Cakram memberikan energi ke fluida, mengikuti jalur spiral dan dengan demikian keluar dari pinggiran [4].

Turbin Tesla merubah energi fluida menjadi energi mekanik dengan menggunakan disk yang disusun berlapis pada poros dengan jarak tertentu. Turbin Tesla juga disebut turbin Prandtl dan turbin lapisan batas, turbin non-konvensional yang beroperasi berdasarkan prinsip lapisan batas. Tidak menggunakan gesekan untuk kerjanya, melainkan menggunakan adhesi (efek Coanda) dan viskositas untuk fungsinya. Penentuan jarak antar disk sangat penting terhadap besarnya gaya putar yang dihasilkan dengan melihat kondisi viskositas air [5]. Bagian turbin yang berputar disebut runner atau roda turbin. Putaran runner juga dipengaruhi oleh aliran fluida masuk dan keluar turbin, baik kecepatan maupun tekanannya. Sehingga desain saluran fluida masuk hingga keluar perlu diperhitungkan [6].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mirnanto (2018) tentang turbin air tesla dengan menggunakan variasi diameter lubang pada disk berjumlah 4 lubang [7]. Ukuran lubang yang digunakan dalam

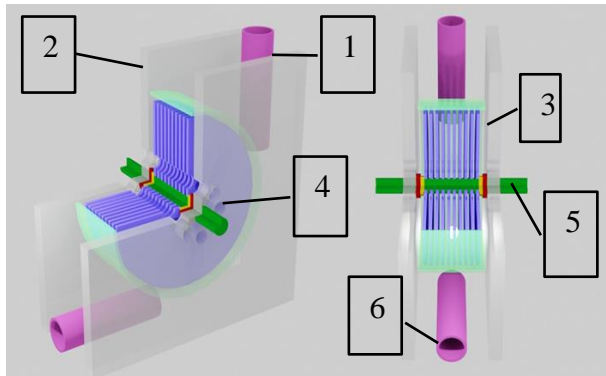
variasi yaitu 10 mm, 15 mm dan 20 mm untuk mengetahui perbedaan performa pada masing-masing lubang. Dari penelitian tersebut turbin dengan variasi diameter lubang 20 mm dapat menghasilkan gaya yang lebih besar sehingga torsi juga meningkat. Semakin besar diameter lubang pada disk semakin mudah air mengalir menuju output dan meningkatkan torsi. Akan tetapi besar diameter lubang output belum diteliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa turbin. Sehingga sekiranya perlu diteliti tentang performa turbin tesla dengan variasi lubang output.

2. Metode Penelitian

Rancang bangun turbin tesla terdiri dari beberapa bagian yaitu lubang inlet nozzle (No.1) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Lubang inlet nozzle digunakan sebagai jalan laju aliran air menuju kedalam turbin. Rumah turbin di gunakan sebagai kedudukan komponen-komponen turbin (No.2). disk digunakan sebagai piringan turbin sejumlah 4 buah disk (No.3). Disk berukuran diameter 120 mm dibuat lubang (No.4) dengan diameter pada masing-masing yaitu 20 mm, sesuai dengan hasil penelitian Mirnanto yang terbaik [7]. Sedangkan jarak antar disk dibuat sama yaitu 1,2 mm [5]. Poros ditunjukkan pada (No.5) yang digunakan untuk memutar atau menggerakkan piringan turbin.

Lubang output dari turbin (No.6) yang dengan beberapa variasi ukuran lubang yaitu: 1 cm; 1,5 cm; dan 2 cm, sebagai variabel bebasnya. Turbin tesla yang telah dirancang dan dirakit kemudian disambungkan dengan instalasi air dengan head 4 m sebagai variabel terkontrolnya. Variabel terikat berupa kecepatan putar, torsi, daya dan efisiensi turbin. Putaran turbin diukur dengan menggunakan tachometer sedangkan gaya diukur dengan menggunakan sistem pengereman yang dihubungkan dengan timbangan digital [8]. Debit air dihitung dengan membagi volume air dalam tandon air yang diletakkan di ketinggian dengan waktu habisnya air sampai batas yang ditentukan. Debit air

akan bervariasi dengan bervariasinya lubang output.



Gambar 1. Rancang bangun turbin tesla.

Torsi dihitung dengan persamaan:

$$T = F.l \quad (1)$$

Dimana F adalah gaya pengeraman dan l adalah panjang lengan.

Daya turbin dihitung dengan persamaan:

$$P_{turbin} = 2\pi.N.T / 60 \quad (2)$$

Dimana N adalah kecepatan putar turbin.

Daya air dihitung dengan persamaan:

$$P_{air} = Q.\rho.g.h \quad (3)$$

Dimana Q adalah debit air, ρ adalah masa jenis air, g adalah percepatan gravitasi, dan h adalah head air.

Efisiensi turbin dihitung dengan persamaan:

$$\eta = (P_{turbin} / P_{air}).100\% \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian performa turbin tesla dengan variasi lubang output diperoleh data besarnya putaran pada poros, torsi dan daya pada turbin. Dari tabel 1 data pengukuran performa pada Turbin Tesla variasi lubang output tersebut selanjutnya dibuat diagram guna mengetahui pengaruh variasi lubang output terhadap performa turbin tesla. Torsi merupakan gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar. Torsi pada penelitian ini diperoleh dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran sampai putaran mendekati 0 rpm, beban ini nilainya sama dengan torsi poros.

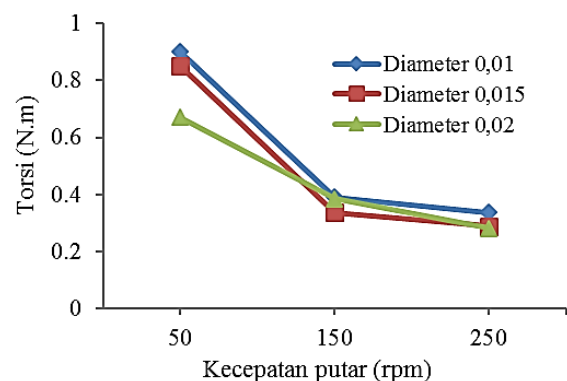
Tabel 1. Data pengukuran performa Turbin Tesla.

Diameter input (m)	Diameter output (m)	Waktu (s)	Debit	RP M	Torsi
0,02	0,02	64	0,00047	250	0,28
				150	0,38
				50	0,67
	0,015	118	0,00025	250	0,28
				150	0,33
				50	0,85
0,01	128	0,00023	250	0,33	
			150	0,39	
			50	0,9	

Tabel 2. Data perhitungan performa Turbin Tesla.

Diameter input (m)	Diameter output (m)	RPM	Daya Turbin	Daya air	Efisiensi	
0,02	0,02	250	7,38		40,12	
		150	6,04		32,86	
		50	3,51	18,39	19,06	
	0,015	118	250	7,56		75,80
			150	5,31		53,19
			50	4,45	9,98	44,59
0,01	128	250	8,84		96,17	
		150	6,14		66,75	
		50	4,71	9,20	51,21	

Grafik putaran terhadap torsi dengan variasi lubang output ditunjukkan pada Gambar 2.

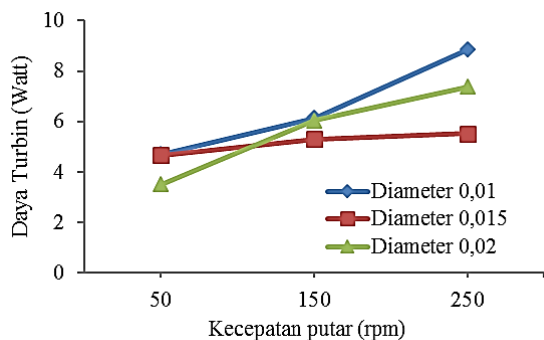


Gambar 2. Grafik hubungan putaran poros dengan torsi.

Torsi maksimal dihasilkan dengan lubang output berdiameter 0,01 m pada putaran poros 50 rpm yaitu 0,9 Nm.

Lubang output kecil memberikan efek yang baik untuk head yang rendah [9]. Saluran output atau draft tube memiliki fungsi mengubah energi kinetik air keluaran menjadi tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, sehingga ukuran yang sesuai dapat meningkatkan performa turbin [10, 11]. Torsi dengan nilai terendah ditunjukkan oleh lubang output berdiameter 0,02 m pada putaran poros 250 rpm yaitu 0,282 Nm. Diameter pipa output yang terlalu besar untuk head kecil akan menurunkan performa turbin, karena memungkinkan tekanan atmosfer masuk ke sisi output runner. Besarnya nilai torsi berbanding terbalik dengan putaran poros, semakin kecil putaran poros semakin besar torsi karena gaya pengereman [1, 7].

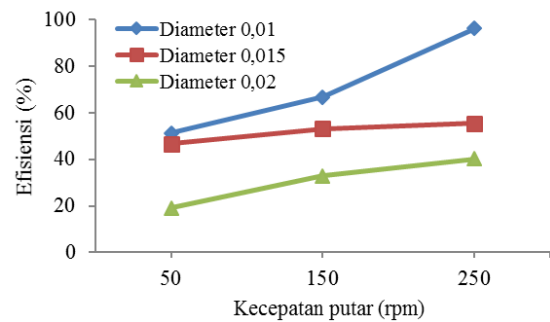
Besarnya torsi mempengaruhi besarnya daya turbin. Dari nilai torsi dan kecepatan anguler diketahui nilai daya turbin pada masing-masing variasi lubang output. Gambar 3 menunjukkan bahwa daya turbin maksimal dihasilkan pada turbin berdiameter output 0,01 m dengan putaran poros 250 rpm yaitu 8,84 watt. Sedangkan daya turbin terendah terlihat pada turbin berdiameter output 0,02 m dengan putaran poros 50 rpm yaitu 3,51 watt. Diameter output 0,01 m menghasilkan torsi yang terbaik, sehingga dengan kecepatan putar yang tinggi akan menghasilkan daya yang tertinggi. Diameter output 0,02 m menghasilkan torsi yang terkecil, sehingga dengan kecepatan putar yang rendah akan menghasilkan daya yang terkecil.



Gambar 3. Grafik hubungan putaran poros dengan daya turbin.

Efisiensi adalah perbandingan antara besarnya daya turbin dan daya air yang terdapat pada sistem turbin. Besarnya

daya turbin dipengaruhi oleh putaran poros dan kecepatan anguler sedangkan daya air dipengaruhi oleh debit air. Efisiensi turbin tertinggi terdapat pada variasi lubang output 0,01 m yaitu 96,17% dengan putaran poros 250 rpm, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Efisiensi terendah pada adalah turbin dengan variasi lubang output 0,02 m yaitu 19,06% dengan putaran poros 50 rpm.



Gambar 4. Grafik hubungan putaran poros dengan efisiensi.

Putaran yang lebih tinggi menghasilkan gaya sentrifugal yang lebih besar dan jalur aliran yang lebih panjang. Menurut Krishnan (2015) kecepatan rotor mempengaruhi bentuk garis arus dan waktu yang dihabiskan oleh fluida dalam turbin. Jalur yang lebih panjang diinginkan, karena meningkatkan transfer momentum, dan karenanya, efisiensi turbin. Sebagai diharapkan, efisiensi lebih tinggi untuk RPM yang lebih tinggi [12]. Didukung oleh Lampart (2011) menyimpulkan bahwa penurunan efisiensi disebabkan karena terbentuknya pusaran kuat yang terbentuk di pintu keluar, dan perubahan arah fluida dari radial ke aksial adalah alasan penurunan efisiensi [13].

4. Kesimpulan

Variasi lubang pipa output mempengaruhi performa pada turbin yaitu besarnya torsi dan daya turbin serta efisiensi. Torsi tertinggi diperoleh dari variasi lubang output dengan diameter lubang 0,01 m pada putaran poros 50 rpm yaitu 0,9 Nm. Torsi dengan nilai terendah ditunjukkan oleh lubang output berdiameter 0,02 m pada putaran poros 250 rpm yaitu

0,282 Nm. Daya turbin maksimal diperoleh dari variasi lubang output berdiameter 0,01 m dengan putaran poros 250 rpm sebesar 8,84 watt dan daya turbin terendah diperoleh dari variasi lubang output berdiameter 0,02 m dengan putaran poros 50 rpm yaitu 3,51 watt. Efisiensi turbin yang diperoleh dari variasi lubang output tertinggi yaitu berdiameter 0,01 m 96,17% dengan putaran poros 250 rpm. Efisiensi terendah pada adalah turbin dengan variasi lubang output 0,02 m yaitu 19,06% dengan putaran poros 50 rpm.

Referensi

- [1] D. Irawan, E. Nugroho, E. Widiyanto. 2020. Pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja turbin pelton sebagai pembangkit listrik di Desa Sumber Agung Kecamatan Suoh Kabupaten Lampung Barat. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 9, no. 2, 265–269.
- [2] D. A. Haryono, A. Fahrudin, A. Akbar, M. Mulyadi. 2019. The effect of blade angle on two-stage water turbine against power and efficiency. In *Journal of Physics: IOP Conference Series (Vol. 1402)*.
- [3] Dietzel Fritz. 1993, *Turbin Pompa Dan Kompresor*.
- [4] A. Raje. 2015. A review of Tesla Turbine. Department of Mechanical Engineering SIES Graduate School of Technology, Mumbai University, India.
- [5] A. Riyanto, A. Mulyanto, R. Sutanto. 2017. Pengaruh Variasi Jarak Antar Disk Pada Turbin Tesla. *Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI XI) 2017*. no. April, 27–29.
- [6] A. D. Nugroho, P. Suwandono, D. Hermawan, A. R. Fadhillah. 2022. Pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja 3D print turbin air tipe vortex. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. 11, no. 1, 95–108.
- [7] M. Mirmanto, A. Mulyanto, B. Anugerah. 2018. Turbin Air Tesla dengan Variasi Diameter Lubang Keluaran. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*.
- [8] A. N. E. B. Santoso, A. Fahrudin, Iswanto. 2020. Experimental Study of Blade Angle Effect on Two-Stage Vertical Shaft Hydrofoil Water Turbines on Power and Efficiency. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [9] H. Reddy, V. Seshadri, D. P. Kothari. 1996. Effect of draft tube size on the performance of a cross-flow turbine. *Energy Sources*. 18, no. 2, 143–149.
- [10] T. Agarwal, S. Chaudhary, S. Verma. 2017. Numerical and Experimental Analysis of Draft Tubes for Francis Turbine. *Indian Journal of Science and Technology*. 10, no. 21, 1–11.
- [11] T. M. Arispe, W. de Oliveira, R. G. Ramirez. 2018. Francis turbine draft tube parameterization and analysis of performance characteristics using CFD techniques. *Renewable Energy*. 127, 114–124.
- [12] V. G. Krishnan, V. Romanin, V. P. Carey, M. M. Maharbiz. 2013. Design and scaling of microscale Tesla turbines. *Journal of Micromechanics and Microengineering*.
- [13] P. Lampart, Ł. Jedrzejewski. 2011. Investigations of Aerodynamics of Tesla bladeless microturbines. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*.