

Pengaruh Bentuk Turbin terhadap Daya dan Efisiensi

Damahuri & Dan Mugisidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Uhamka
Universitas Muhammadiyah Prof DR.HAMKA
JL. Tanah Merdeka No 6, Kp. Rambutan, Pasar Rebo Jakarta Timur- Indonesia
Telp : (021)87782739, Fax 021-840091, Mobile +62895412732360
Email : dan.mugisidi@uhamka.ac.id

Abstrak

Penelitian untuk mencari hasil perbandingan daya dan efisiensi pada bentuk turbin lurus dan lingkaran di Lab Fakultas Teknik Uhamka. Penelitian ini menggunakan dua turbin dengan bentuk yang berbeda, menggunakan variasi debit aliran yaitu 6, 12, 18 L/m. Parameter yang diukur adalah tekanan air, kecepatan air, torsi dan daya air. Nilai yang diperoleh kedua bentuk digunakan untuk menghitung daya dan efisiensi. Nilai daya air paling tinggi pada lintasan lurus dengan nilai 0,379 watt pada debit 18 L/m dan untuk bentuk lingkaran dengan nilai 0,185 watt pada debit 18 L/m. Berdasarkan perbandingan efisiensi dari kedua bentuk yang diketahui seiring peningkatan debit maka efisiensinya menurun. Bentuk lingkaran didapatkan nilai efisiensi tinggi pada debit 18 L/m. Maka dari penelitian ini daya turbin lintasan lurus lebih efisien digunakan.

Kata kunci: Turbin Air, Bentuk turbin, Pengaruh Bentuk.

Abstract

Research to find the results of comparing power and efficiency in the form of straight and circular turbines in the Uhamka Faculty of Engineering Lab. This study uses two turbines with different shapes, using variations in flow rate, namely 6, 12, and 18 L/m. The parameters measured are air pressure, air velocity, torque, and air power. The values obtained from the second form calculate power and efficiency. The highest water power value is 0.379 watts on a straight line with a discharge value of 18 L/m and a circular shape with 0.185 watts at 18 L/m. The efficiency decreases by comparing the two known forms and the increase in discharge. The circular shape obtained a high-efficiency value at a discharge of 18 L/m. Therefore, from this research, straight-line turbine power is used more efficiently.

Keywords: Water turbine, Turbine shape, Shape Effect.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Dalam kehidupan modern seperti sekarang ini pompa memiliki pemakaian yang sangat luas. Listrik merupakan sumber daya yang paling banyak di gunakan, karena sebagai penopang kelangsungan pada berbagai bidang, misalnya bidang industry, Pendidikan, rumah tangga dan lain sebagainya. Energi yang dimiliki air dapat di manfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis dan energi listrik.

Energi adalah kebutuhan pokok manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari [1] dan turbin merupakan penggerak mula untuk generator listrik. Kajian dilakukan pada beberapa jenis turbin pada pembangkit listrik

untuk memperoleh performa yang optimum [2] dan turbin kinetik memanfaatkan kecepatan aliran air yang mengalir melewati sudu mengalami perubahan momentum yang dapat memberi gaya dorongan pada sudu sehingga runner berputar [3] sedangkan parameter yang berpengaruh pada kinerja air Archimedes screw adalah tekanan air [4].

Berdasarkan penelitian terdahulu bentuk sudu turbin sangat menentukan putaran turbin terutama kecepatan tangsial yang memutar roda turbin untuk meningkatkan kinerja turbin [5]. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk turbin air terhadap efisiensinya. Karena itu menjadi masalah yang menarik dan menjadi objek penelitian untuk mencari sistem, bentuk, dan ukuran yang tepat untuk mendapatkan efisiensi kincir air yang maksimum untuk daya yang dihasilkan.

2. KERANGKA TEORI

2.1 Energi Air (*Hydropower*)

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah di dapat, karena pada air yang tersimpan energi potensial (pada air jatuh), hidrostatik [6] dan energi kinetik (pada air mengalir) [7] seperti pada saluran irigasi [8]. Saat ini penelitian mengenai kincir air berkembang dengan pesat [9] termasuk juga mengenai analisa kerugian pada kincir air [10]. Oleh karena penelitian ini meneliti mengenai pengaruh bentuk rumah turbin terhadap efisiensi.

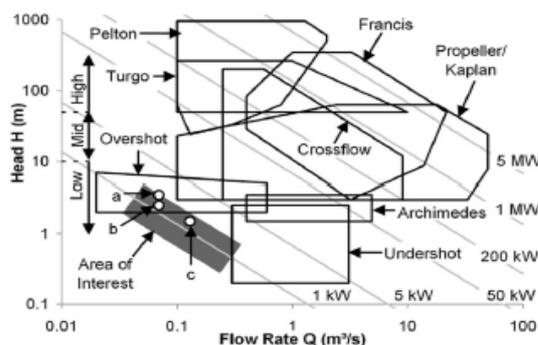
2.2 Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah [11]. Turbin air merupakan pembangkit listrik untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik [12], [13] dan salah satunya adalah turbin *crossflow*.

Turbin *crossflow* digunakan pada aliran head menengah dan umnya terdiri dari pengarah aliran, poros dan sudu [14]. Turbin *crossflow* dapat bekerja pada debit 20 liter/detik hingga 10.000 liter/detik dan *head* antara 1 s/d 200 m [15].

2.3 Kriteria Pemilihan Turbin air

Untuk menentukan jenis kincir air yang akan digunakan dapat dengan melihat gambar 1 menunjukkan daerah penggunaan untuk beberapa jenis kincir air berdasarkan debit vs head yang divariasikan daya keluaran turbin air [16].



Gambar 1 Grafik Pemilihan Tipe Turin Berdasarkan Debit (Q) dan Head (H) [16]

2.4 Turbin Air dan Klasifikasinya

Turbin air merupakan salah satu jenis mesin fluida dari kelompok mesin tenaga yang

berfungsi mengubah energi fluida menjadi energi mekanis, dimana air sebagai fluida kerjanya [17]. Secara umum turbin air dapat diklasifikasi berdasarkan:

1. Perubahan tekanan fluida.
2. Ketinggian air jatuh.
3. Kecepatan spesifik.

2.5 Persamaan yang Digunakan

Daya air adalah energi yang terdapat pada air yang mengalir per satuan waktu (detik) [18]. Dapat di hitung menggunakan persamaan:

$$P = \rho \times g \times Q \times H \quad (1)$$

Daya Air

$$P_a = P \times Q \quad (2)$$

Daya Generator

$$P_k = V \times I \quad (3)$$

Efisiensi kincir

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad (4)$$

Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{\pi \times d \times n}{60} \quad (5)$$

Daya Generator

$$P_t = T \times \omega \quad (6)$$

torsi

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (7)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membandingkan dua turbin *crossflow* yang memiliki bentuk rumah yang berbeda seperti yang di tampilkan pada Gambar 1. Penelitian ini menerapkan kondisi yang sama

pada kedua turbin sehingga perbedaannya hanya bentuk rumah turbin.

Rumah turbin pada Gambar 2A merupakan rumah turbin lurus yang umum digunakan sedangkan Gambar 2B adalah rumah turbin yang memaksa aliran untuk berputar, model dibuat dengan menggunakan printer 3D dan bentuknya diadopsi dari penelitian untuk menggunakan tekanan hidrostatik air laut [6].



Gambar 2 Bentuk Rumah Turbin; A= Bentuk Lurus, B= Bentuk Berputar

Karena penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh bentuk rumah kincir terhadap effisiensinya maka perangkat percobaan dan parameter uji untuk kedua bentuk rumah turbin menggunakan perangkat dan parameter yang sama. Pengambilan data dilakukan secara bergantian dengan debit dan data yang diambil sama seperti ditampilkan pada Tabel 1.

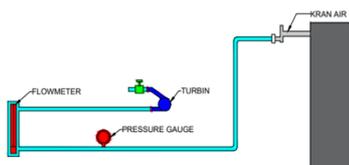
Table 1 Debit Dan Data Yang Diambil

Debit (L/m)	Tekanan Aliran Air (N/m ²)	Tegangan (V)	Kuat arus (A)
6			
12			
18			

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Flow meter kapasitas 2-18 ltr/min
2. Pressure gauge 0-40 Psi
3. Fluke 179 volt meter

Sedangkan perangkat penelitian ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Perangkat Penelitian Untuk Pengujian Rumah Turbin Lurus Dan Melingkar

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan terhadap bentuk turbin air dilakukan guna memperoleh parameter yaitu debit air (Q) dan tekanan air (P).

Air diperoleh dari keran air yang berada di gedung yang kemudian diatur debitnya dengan mengikuti penunjukan pada flowmeter. Debit yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 2 Data Variasi Debit

No	Debit (L/m)	Debit (m ³ /s)
1	6	0,0001
2	12	0,0002
3	18	0,0003

Untuk mengetahui nilai tekanan air menggunakan alat ukur tekanan (*pressure gauge*) yang dipasang di bagian pipa air. Pengukuran tekanan air pada masing-masing debit adalah sebagai berikut:

Pengaruh bentuk lintasan pada turbin air, data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian diolah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut, persamaan pertama menggunakan hasil perkalian antara nilai debit air (Q) dengan nilai tekanan (P) pada masing-masing bentuk lintasan untuk mengetahui debit air (W) sebagai daya *input* pada daya generator.

Tabel 3 Data Pengukuran Tekanan Air

Debit (m ³ /s)	Tekanan air lintasan lurus (N/m ²)	Tekanan air Lintasan Melingkar (N/m ²)
0,0001	30.000	20.000
0,0002	80.000	110.000
0,0003	250.000	240.000

Perbandingan daya air dan efisiensi pada masing-masing bentuk lintasan turbin dengan debit yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4 Data Daya Air Dan Kincir

Debit (m ³ /s)	Lintasan lurus		Lintasan melingkar	
	Daya Air (watt)	Daya Kincir (watt)	Daya Air (watt)	Daya Kincir (watt)
0,0001	2,333	0,15	1,666	0,069

0,0002	14	0,393	20,666	0,164
0,0003	75	0,379	72	0,185

Tabel 5 Efisiensi Rumah Turbin Lurus Dan Melingkar

Debit (m ³ /s)	Lintasan Lurus	Lintasan Melingkar
	Efisiensi (%)	Efiseinsi (%)
0,0001	6,561	24,05
0,0002	1,971	0,799
0,0003	0,506	0,26

Menurut data yang diperoleh sesuai tabel 4 nilai daya air dan daya generator pada setiap bentuk turbin meningkat sesuai dengan besarnya nilai debit air, mulai dari debit air yang terkecil sampai debit air yang terbesar, besarnya nilai daya air merupakan hasil perkalian antara debit (Q) dan tekanan (P). Nilai daya air paling tinggi pada bentuk lurus dengan nilai 75 watt pada debit 0,0003 m³/s dan untuk bentuk lingkaran dengan nilai 72 watt pada debit 0,0003 m³/s. Besarnya nilai yang didapat dari bentuk lintasan lurus karena tidak adanya hambatan sehingga memiliki nilai lost yang tinggi. sedangkan besarnya nilai daya generator diperoleh dari perkalian antara tegangan (V) dan kuat arus (A). Nilai daya air paling tinggi pada bentuk turbin lurus dengan nilai 0,379 watt pada debit 0,0003 m³/s dan untuk bentuk turbin llingkar dengan nilai 0,185 watt pada debit 0,0003 m³/s.

Hal ini di sebabkan nilai toris yang dihasilkan pada bentuk lintasan lurus lebih besar di bandingkan bentuk lintasan melingkar. Berikut persamaan yang di gunakan :

Mencari nilai luas pipa turbin

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,011^2 m}{4} = 0,0000949 m$$

Mencari nilai kecepatan aliran

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0003m}{0,0000949m} = 3,1612 m$$

Mencari nilai Rpm

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{3,1612 m \cdot 60}{3,14 \cdot 0,039 m} = \frac{189,67 m}{0,122 m} = 1554,67 rpm$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,039 m \cdot 1554,67 m}{60} = \frac{190,384 m}{60} = 3,173$$

Daya Kincir

$$P = V \cdot I$$

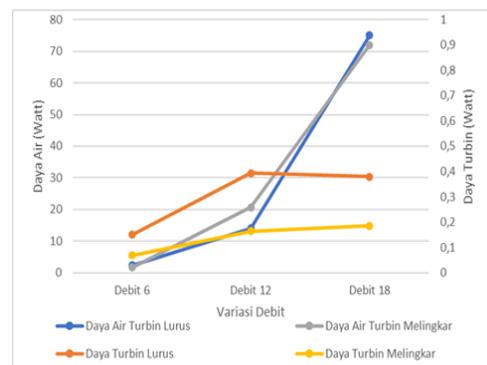
$$P = 12,12 V \cdot 0,032 V = 0,388 N \cdot m$$

Torsi

$$T = \frac{P}{\omega}$$

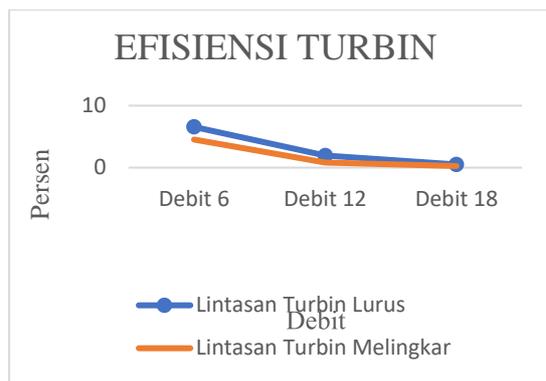
$$T = \frac{0,388}{3,173} = 0,122 N \cdot m$$

Sehingga ketika air mengalir pada bentuk turbin lingkaran adanya dorongan air pada lintasan sehingga nilai daya yang di dapat kecil karena adanya beban di dalam bentuk turbin terjadinya tahanan, kalau di bentuk lurus tidak ada bebab tambahan pada bentuk, maka kita debitnya naik maka kecepatannya meningkat maka daya yang di dapat tinggi.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Daya Air Dan Daya Generator Dari Bentuk Turbin Lurus Dan Bentuk Lingkaran

Gambar 4 menunjukkan bahwa daya air dan daya generator di bentuk turbin lurus lebih besar di bandingkan bentuk turbin melingkar, hali ini dikarenakan kenaikan nilai daya air di pengaruhi oleh penigkatan nilai debit di masing-masing bentuk turbin, semakin besarnya debit yang mengalir semakin besar nilai daya yang diperoleh namun terjadi penurunan pada debit 0,0002 m³/s di lintasan melingkar karean terjadinya tahanan air yang penuh pada lintasan sehingga adanya dorongan maka putaran melambat.



Gambar 5 Grafik Efisiensi

Setelah dilakukan perhitungan nilai efisiensi pada kedua bentuk turbin lurus, hasil pada debit 0,0001 m³/s didapatkan nilai efisiensi 6,561% pada bentuk turbin lurus dan 24,05% pada bentuk lingkaran, sehingga dapat diketahui efisiensi pada bentuk turbin lingkaran lebih besar dibandingkan bentuk turbin lurus pada debit awal. Namun pada debit selanjutnya terjadi penurunan efisiensi karena jika daya air lebih besar dari daya turbin maka efisiensinya akan semakin rendah [19].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan tujuan penelitian maka dapat diambil simpulan nilai daya generator tertinggi dihasilkan oleh bentuk turbin lurus dengan nilai 0,393 watt pada debit 0,0002. Sedangkan nilai efisiensi tertinggi dihasilkan oleh bentuk turbin lingkaran dengan nilai 24,05% pada debit 0,0001 m³/s. melingkar dengan nilai 24,05% pada debit 0,0001 m³/s.

DAFTAR REFERENSI

- [1] K. Jamlay, L. Sule, and D. Hasan, "Analisis Perilaku Aliran Terhadap Kinerja Roda Air Arus Bawah Untuk Pembangkit Listrik Skala Piko hidro," *Din. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 51–59, 2016, doi: 10.29303/d.v6i1.25.
- [2] A. Khomsah and E. A. Zuliari, "Analisa Teori: Performa Turbin Cross Flow Sudu Bambu 5 " sebagai Penggerak Mula Generator Induksi 3 Fasa," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. 1, pp. 79–88, 2015.
- [3] A. Muliawan and A. Yani, "Analysis of Power and Efficiency of Kinetic Water Turbines: changes in runner rotation (in Indonesia)," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2017, doi: 0.31958/js.v8i1.434.

- [4] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i03.p13.
- [5] A. Yani, M. Mihdar, and R. Erianto, "PENGARUH VARIASI BENTUK SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN AIR KINETIK (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan)," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2017, doi: 10.24127/trb.v5i1.113.
- [6] D. Mugisidi and O. Heriyani, "Study of Utilization under Sea-water Hydrostatic Pressure as Hydro Power Generation," *E3S Web Conf.*, vol. 73, pp. 2–4, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20187301020.
- [7] I. Taufiq, H. Sonawan, and H. Somantri, "Menilai Potensi Energi dari Aliran Air Selokan Kampus IV Universitas Pasundan Bandung," Pasundan, 2011.
- [8] D. Mugisidi, O. Heriyani, A. L. Rizal, and Ramdani, "Utilization Of The Dethridge Wheel As A Low Head Power," in *The 2nd International Mechanical and Industrial Engineering Conference (IMIEC) 2018*, 2018.
- [9] N. Kholifah, A. C. Setyawan, D. S. Wijayanto, I. Widiastuti, and H. Saputro, "Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 288, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012108.
- [10] O. Heriyani, D. Mugisidi, R. A. Luhung, M. Y. Djeli, and A. Fikri, "Performance of dethridge wheel as low head power generator and loss analysis," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1373, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012012.
- [11] H. Irawan and S. Syamsuri, "Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter," *JPH17*, vol. 03, no. 01, pp. 27–31, 2018.
- [12] J. Riglin, W. Chris Schleicher, I. H. Liu, and A. Oztekin, "Characterization of a micro-hydrokinetic turbine in close proximity to the free surface," *Ocean Eng.*, vol. 110, pp. 270–280, 2015, doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.10.026.
- [13] E. Quaranta, "Stream water wheels as renewable energy supply in flowing water: Theoretical considerations, performance

- assessment and design recommendations,” *Energy Sustain. Dev.*, vol. 45, pp. 96–109, 2018, doi: 10.1016/j.esd.2018.05.002.
- [14] E. Suryono and A. E. B. Nusantara, “Simulasi Turbin Crossflow Dengan Jumlah Sudu 18 Sebagai Pembangkit Listrik Picohydro,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, p. 547, 2017, doi: 10.24176/simet.v8i2.1412.
- [15] A. A. Williams and R. Simpson, “Pico hydro - Reducing technical risks for rural electrification,” *Renew. Energy*, vol. 34, no. 8, pp. 1986–1991, 2009, doi: 10.1016/j.renene.2008.12.011.
- [16] D. Zhou and Z. (Daniel) Deng, “Ultra-low-head hydroelectric technology: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, pp. 23–30, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.04.086.
- [17] P. L. Viollet, “From the water wheel to turbines and hydroelectricity. Technological evolution and revolutions,” *Comptes Rendus - Mec.*, vol. 345, no. 8, pp. 570–580, 2016, doi: 10.1016/j.crme.2017.05.016.
- [18] R. A. Luhung, D. Mugisidi, A. Fikri, and O. Heriyani, “Pengujian Kinerja Detridge Wheel sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Head Sangat Rendah,” *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 44, 2019, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2912.
- [19] E. Quaranta, S. Fontan, P. Cavagnero, and R. Revelli, “Efficiency of Traditional Water Wheels,” *IAHR World Congr.*, no. July 2015, pp. 3–6, 2015.