

PERFORMANSI TURBIN AIR TIPE SAVONIUS TIGA SUDU MENGGUNAKAN PENGARAH ALIRAN

Nur Hamzah¹, La Ode Musa² Apollo³

^{1,2,3} Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Utilization of water sources is mainly used as a provider of electrical energy through hydropower and micro-hydro power plants. One of the problems is how to utilize the water energy potential which is very lacking. The purpose of this study was to determine the power coefficient and Tip Speed Ratio (TSR) of the Savonius type vertical shaft turbine using 3 blades using flow direction guidance by varying the irrigation channel openings. Based on the test results in experiment 1 irrigation channel openings at a water speed of 0.21 m/s, the maximum output power of the turbine is 0.738 W, the power coefficient is 0.166 and the TSR is 2.071. For 2 openings of irrigation channels, the water velocity becomes 0.41 m/s which can produce a maximum output power of 0.939 W, a power coefficient of 0.026 and a TSR of 1.557.

Keywords: *Savonius Turbine, Irrigation Flow, Power Coefficient, Tip Speed Ratio*

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber air terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik melalui pembangkit tenaga air dan mikrohidro. Salah satu masalahnya yaitu bagaimana pemanfaatan potensi energi air yang sangat kurang. Tujuan penelitian ini ialah menentukan koefisien daya dan *tip speed ratio* (TSR) turbin poros vertikal tipe Savonius dengan menggunakan 3 sudu menggunakan panduan arah aliran dengan memvariasikan bukaan saluran irigasi. Berdasarkan hasil pengujian pada percobaan 1 bukaan saluran irigasi pada kecepatan air 0,21 m/s diperoleh daya output maksimum turbin 0,738 W, koefisien daya 0,166 dan TSR 2,071. Untuk 2 bukaan saluran irigasi kecepatan air menjadi 0,41 m/s dapat menghasilkan daya output maksimum 0,939 W, koefisien daya 0,026 dan TSR 1,557.

Kata Kunci : *Turbin Savonius, Aliran Irigasi, Koefisien Daya, Tip Speed Ratio*

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 1970-an energi terbarukan pertama kali dikenal sebagai cara untuk mengimbangi perkembangan energi dengan bahan bakar fosil dan nuklir. Potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia untuk ketenagalistrikan sudah mencapai 443 GW, seperti angin, panas bumi, air dan mikro-mini hidro, bioenergi surya, dan gelombang air laut [1].

Penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik dari tahun ke tahun terus meningkat karena pertumbuhan populasi terus mengalami peningkatan. Salah satu sumber energi yang banyak digunakan dalam pembangkit listrik tenaga uap ialah batu bara. Hal ini menyebabkan konsumsi batu bara dalam negeri sebesar 115 juta ton digunakan oleh PLTU dan sisanya digunakan oleh industri logam, industri kertas, dan industri lainnya [2]. Potensi tenaga air sebagai salah satu sumber energi terbarukan untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan pembangkit listrik tenaga mini/mikro hidro (PLTMH) tersebar di Indonesia dengan total perkiraan mencapai 75.000 MW, tetapi pemanfaatannya masih sekitar 10% dari total potensi [3].

Turbin poros vertikal tipe savonius dalam penerapannya dipergunakan untuk keperluan kecil dan sederhana. Turbin poros vertikal tipe savonius tidak cocok digunakan untuk pembangkitan listrik yang besar karenan *tip speed ratio* dan faktor daya yang relatif rendah sehingga turbin ini sangat tepat digunakan untuk pemanfaatan energi aliran air yang cukup rendah. Penelitian turbin savonius masih sangat perlu dikembangkan dalam bentuk, jenis, dan model turbin savonius agar dapat dimanfaatkan dengan baik dengan kinerja yang lebih optimal. Tujuan penelitian ini ialah menentukan koefisien daya dan *tip speed ratio* (TSR) turbin poros vertikal tipe Savonius

Beberapa penelitian tentang turbin poros vertikal tipe savonius telah dilakukan, di antaranya oleh Purnama dkk. dengan menggunakan variasi tanpa dan dengan menggunakan pemandu arah aliran. Desain sudu turbin menggunakan 2 buah sudu, sudut yang digunakan berbentuk setengah lingkaran [4]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa turbin yang dilengkapi dengan pemandu arah aliran memiliki kinerja turbin paling optimal dengan *output* daya 2,31 Watt, TSR 1,41, dan koefisien daya 0,06. Telah dilakukan pula penelitian tentang pengaruh variasi sudut deflektor terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin air savonius. Penelitian ini menggunakan variasi tanpa dan dengan menggunakan deflektor. Desain sudu turbin menggunakan 5 buah sudu,

¹ Korespondensi penulis: Nur Hamzah, Telp 081342532295, hamzah_said@poliupg.ac.id

sudu yang digunakan tidak berbentuk setengah lingkaran sempurna, tetapi menggunakan kurva sudut 70° [5]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa turbin yang dilengkapi dengan deflektor 30° memiliki kinerja turbin paling optimal dengan *output* daya 18,04 W, TSR 1,12, dan koefisien daya 0,127. Penelitian yang lain ialah penelitian dengan menggunakan turbin air tipe horizontal dengan diameter 82 mm dan dengan tebal turbin 2 mm. Turbin memiliki variasi sudut arc 120°, 135° dan 150°. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jumlah debit air setiap variasi turbin, debit mulai $5,66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $7,97 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $9,73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; dan $11,61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ yang diatur dengan variasi bukaan katub pada pipa [6]. Hasilnya menunjukkan bahwa besar sudut dengan *blade arc* 135° memiliki daya yang paling besar kemudian daya menurun saat turbin dengan sudut *blade arc* 120° dan sudut *blade arc* 150° karena adanya penurunan putaran turbin. Turbin dengan sudut *blade arc* 135° mampu menghasilkan daya generator yang paling tinggi untuk semua variasi debit, yaitu masing-masing sebesar 16,90 W, 33,38 W, dan 39,35 W.

Besarnya tenaga air yang tersedia pada aliran yang digunakan untuk menggerakkan turbin air *Savonius* ini bergantung pada beberapa faktor, yaitu tip speed rasio (TSR), bendung V-Notch, tenaga mekanik turbin, dan koefisien daya turbin (Cp). Rasio kecepatan ujung (TSR) merupakan perbandingan kecepatan pada ujung sudu turbin dengan kecepatan aliran air. Rasio kecepatan ujung akan memengaruhi kecepatan putar rotor pada turbin [7].

Rumus-rumus yang digunakan dalam penelitian ini:

- a) Dimensi aliran irigasi

$$A = d \times w \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

- A = Dimensi aliran irigasi (m^2)
- d = Kedalaman saluran (m)
- w = Lebar saluran (m)

- b) Kecepatan aliran irigasi

$$v = \frac{l}{t} \dots\dots\dots(2)$$

di mana:

- v = Kecepatan aliran irigasi (m/s)
- l = jarak tempuh pelampung (m)
- t = waktu tempuh pelampung (s)

- c) Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \dots\dots\dots(3)$$

di mana:

- ω = Kecepatan Sudut (rad/s)
- n = Kecepatan poros turbin air (rpm)

- d) Daya Output Generator (W)

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

- e) Daya Input Air

$$P_{in} = \frac{1}{2} \dot{m} v^2 (W) \dots\dots\dots(5)$$

di mana:

P_{in} = daya input air (W)

\dot{m} = laju aliran massa air (kg/s)

f) Koefisien daya (C_p)

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots (6)$$

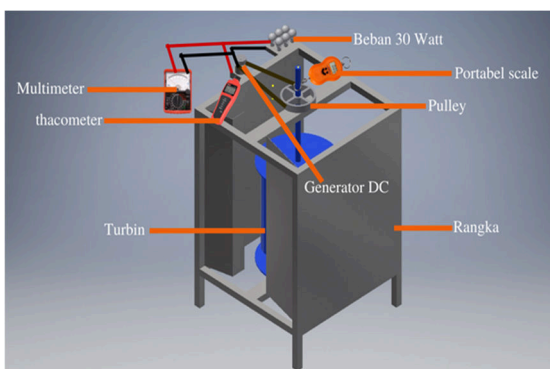
g) TSR (*Tip Speed Ratio*)

$$TSR = \frac{\omega D}{2v} \dots\dots\dots (7)$$

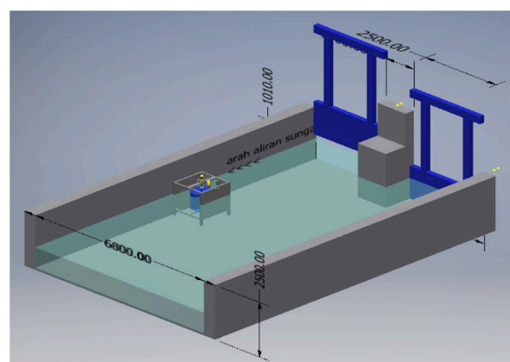
D = diameter rotor savonius (m)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan perancangan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian. Turbin savonius yang diteliti memiliki dimensi tinggi vertikal (H) 72 cm dan diameter (D) 60 cm dengan menggunakan 3 sudu.



Gambar 1 Instalasi pengujian turbin air Savonius



Gambar 2. Peletakan turbin air Savonius pada saluran dengan 2 bukaan

Instalasi pengujian turbin ini diperlihatkan pada Gambar 1. Dalam hal ini, energi air dikonversi oleh turbin Savonius menjadi energi mekanik dan selanjutnya diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Putaran poros pada turbin dan generator diukur dengan menggunakan *tachometer*. Untuk mengukur keluaran listrik yang divariasikan dengan beban lampu digunakan voltmeter dan amperemeter. Kecepatan air divariasikan dengan 2 tingkat kecepatan dan dengan menggunakan pintu air irigasi, seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Pengukuran kecepatannya menggunakan metode pelampung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dengan 1 dan 2 bukaan pintu irigasi diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada kondisi ini kecepatan air rata-rata pada 1 dan 2 bukaan masing-masing ialah 0,21 m/s dan 0,41 m/s. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa putaran generator dipercepat dengan menggunakan transmisi puli dan sabuk. Nilai TSR menurun dengan berkurangnya kecepatan sudut turbin. Penambahan beban pada generator akan menurunkan kecepatan putaran generator dan turbin.

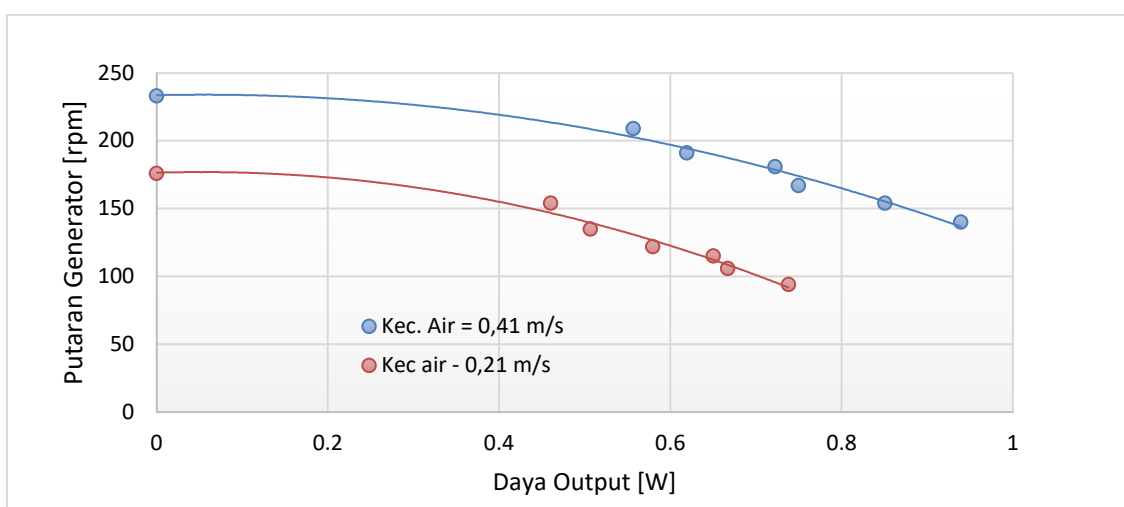
Tabel 1 Data hasil pengujian 1 bukaan saluran irigasi

Beban Lampu	Putaran generator (Rpm)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus (Amp.)	Kecepatan Sudut Turbin (rad/s)	Daya Fluida (W)	Daya Output (W)	Koefisien Daya, Cp	TSR
0	176	25,696	13,26	0	2,69	4,57	0	0,0000	3,878
1	154	22,484	8,52	0,054	2,35	4,57	0,4601	0,1006	3,393
2	135	19,710	8,30	0,061	2,06	4,57	0,5063	0,1107	2,975
3	122	17,812	8,16	0,071	1,86	4,57	0,5794	0,1267	2,688
4	115	16,790	8,44	0,077	1,76	4,57	0,6499	0,1421	2,534
5	106	15,476	7,94	0,084	1,62	4,57	0,6670	0,1458	2,336
6	94	13,724	7,85	0,094	1,44	4,57	0,7379	0,1613	2,071

Tabel 2. Data hasil pengujian 2 bukaan saluran irigasi

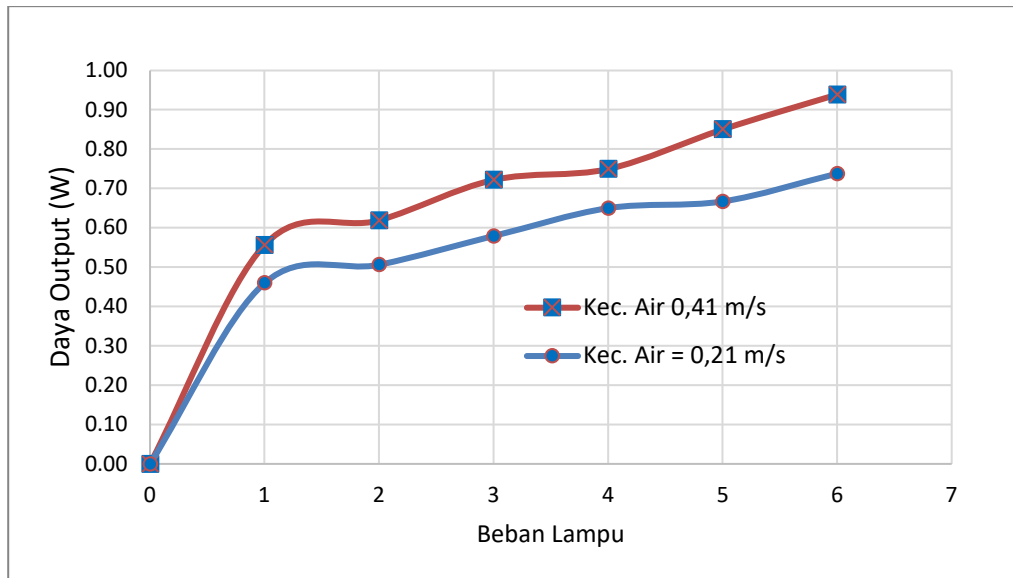
Beban Lampu	Putaran generator (Rpm)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus (Amp.)	Kecepatan Sudut Turbin (rad/s)	Daya Fluida (W)	Daya Output (W)	Koefisien Daya, Cp	TSR
0	233	34,018	15,24	0	3,56	35,56	0	0,0000	2,592
1	209	30,514	10,50	0,053	3,19	35,56	0,5565	0,0156	2,325
2	191	27,886	10,32	0,060	2,92	35,56	0,6192	0,0174	2,124
3	181	26,426	10,17	0,071	2,77	35,56	0,7221	0,0203	2,013
4	167	24,382	10,13	0,074	2,55	35,56	0,7496	0,0211	1,857
5	154	22,484	9,89	0,086	2,35	35,56	0,8505	0,0239	1,713
6	140	20,440	9,78	0,096	2,14	35,56	0,9389	0,0264	1,557

Hubungan daya *output* dengan putaran generator pada kecepatan air 0,21 m/s dan 0,41 m/s diperlihatkan pada Gambar 3 yang menunjukkan bahwa kecepatan generator untuk kedua tingkat kecepatan akan menurun dengan bertambahnya daya *output* generator. Pada kecepatan air 0,41 m/s, kecepatan generator lebih besar dibandingkan dengan pada kecepatan air 0,21 m/s dengan daya *output* yang sama. Hal ini disebabkan oleh daya *input* air lebih besar pada kecepatan air yang lebih tinggi. Hal yang sama juga telah diperoleh melalui penelitian Prawira dan Wihadi [8].



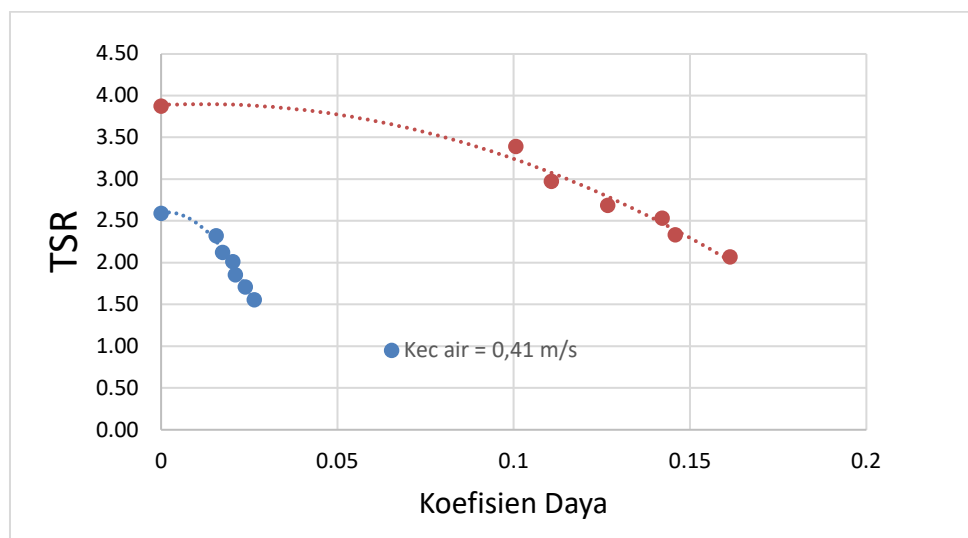
Gambar 3, Grafik hubungan daya *output* dengan putaran generator pada kecepatan air 0,21 dan 0,41 m/s

Gambar 4 memperlihatkan hubungan beban lampu dengan daya *output* generator pada kecepatan air 0,21 dan 0,41 m/s yang menunjukkan bahwa daya *output* akan meningkat dengan bertambahnya beban lampu yang dinyalakan, Pada kecepatan air 0,41 m/s, daya *output* lebih besar dibandingkan dengan pada kecepatan air 0,21 m/s dengan beban lampu yang sama. Hal ini disebabkan oleh daya *input* lebih besar pada kecepatan air yang lebih tinggi, Hasil penelitian ini menunjukkan kemiripan dengan yang dilakukan oleh Prawira dan Wihadi [8],



Gambar 4, Grafik hubungan antara beban lampu dan daya output generator pada kecepatan air 0,21 dan 0,41 m/s

Hubungan koefisien daya dengan TSR pada kecepatan air 0,21 dan 0,41 m/s diperlihatkan pada Gambar 5, yang menunjukkan bahwa TSR untuk kedua tingkat kecepatan akan menurun dengan bertambahnya koefisien daya, Pada kecepatan air 0,21 m/s, TSR lebih besar dibandingkan dengan pada kecepatan air 0,41 m/s dengan koefisien daya yang sama. Hhal ini disebabkan oleh daya *input* lebih besar pada kecepatan air yang lebih tinggi. Kecendrungan ini serupa dengan hasil yang dilakukan oleh Prawira dan Wihadi [8], tetapi berbanding terbalik dengan hasil penelitian Adia Cahya, Ridho, dan Gunawan [9].



Gambar 5, Grafik hubungan koefien daya *output* dengan TSR pada kecepatan air 0,21 dan 0,41 m/s

4. KESIMPULAN

Pengujian turbin Savonius ini dilakukan dengan memvariasikan 6 beban generator dan lampu. Kecepatan generator menurun dengan bertambahnya daya *output* generator. Dengan percobaan 1 bukaan saluran irigasi pada kecepatan air 0,21 m/s diperoleh daya *output* maksimum turbin 0,738 W, koefisien daya 0,166, dan TSR 2,071. Untuk 2 bukaan saluran irigasi kecepatan air menjadi 0,41 m/s dan dapat menghasilkan daya *output* maksimum 0,939 W, koefisien daya 0,026, dan TSR 1,557.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IESR, "Beyond 443 GW Indonesia's infinite energy potentials. ," Institute for Essential Service Return, 2021.
- [2] Yudiantono, F. Anindhita, A. Sugiyono, L. O. Abdul Wahid, and Adiarso, Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat, 2018.
- [3] Boedoyo, M. Sidik, and dkk., Outlook Energi Indonesia 2014, Pengembangan Energi untuk Mendukung Program Subsidi BBM, 2014.
- [4] P. Adia Cahya, H. Ridho, and N. Gunawan, "Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran," *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 2, No. 2, 2013.
- [5] A. Prasetyo, B. Kristiawan, D. Danardono, and S. Hadi, "The Effect of Deflector Angle in Savonius Water Turbine with Horizontal Axis on the Power Output of Water Flow in Pipe," *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 979, No. 1, p. 012043, 2018.
- [6] M. I. Nadhief, S. Hadi, and D. D. P. Tjahjana, "Studi Ekperimental Pengaruh Variasi Sudut Blade Arc terhadap Performa Savonius Horizontal Axis Water Turbine Tipe L pada Aliran dalam Pipa," *Mekanika*, Vol. 18, No. 2, 2019.
- [7] G. Gunawan, R. D. Susilo, and D. M. Kurniawati, "Testing the Effect of Variation of Deflector Shapes on the Performance of the Three Blade Vertical Axis Savonius Water Turbine," *Eksergi*, Vol. 18, No. 2, 2022.
- [8] Y. Prawira and R. Wihadi, Performance of Horizontal Axis Savonius Water Turbine Using Deflector Angle Variations, p. 020114, 2019.
- [9] P. Adia Cahya, H. Ridho, and N. Gunawan, "Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran," *Teknik POMITS*, Vol. 2, No. 2, 2013.