

Analisis Kinerja Turbin Savonius Dengan Variasi Sudut Pengarah Aliran Air Pada Saluran Terbuka

Bernabas Rivaldo Allung^{1*}, Arifin Sanusi², Jack C.A Pah³

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: Valdoallung@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air. Kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai dan daerah-daerah tertentu mempunyai danau/waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Energi air dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yaitu menggunakan turbin air. Salah satu tipe turbin air yang dapat digunakan adalah tipe turbin dengan arah putaran poros vertikal maupun horizontal, yang mampu mengubah energi fluida menjadi energi mekanis dan tanpa memerlukan ketinggian seperti pada tipe turbin air yang lain. Salah satu permasalahan adalah bagaimana memanfaatkan potensi energi aliran air yang relatif kecil. Maka dari itu guna memanfaatkan dan meningkatkan potensi energi aliran air yang relatif kecil diperlukan penelitian untuk mentransformasi kecepatan aliran air konstan untuk menggerakkan poros turbin atau kincir. Hasil penelitian menunjukkan Penggunaan pemandu arah aliran pada turbin air tipe Savonius berpengaruh signifikan terhadap peningkatan performa turbin, dengan rata-rata koefisien daya meningkat sebesar 5,80%. Selain itu, diperoleh daya rata-rata yang dihasilkan sebesar 3206,86% pada sudut deflector 45°, yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan sudut pemandu aliran air lainnya, seperti 0°, 15°, 30°, dan 60°.

ABSTRACT

Indonesia has significant potential for hydropower development due to its mountainous and hilly topography, numerous rivers, and lakes/reservoirs that can be utilized as water energy sources. Water energy is harnessed for power generation using water turbines. One type of water turbine that can be used is a turbine with vertical or horizontal axis rotation, which can convert fluid energy into mechanical energy without requiring high head like other types of water turbines. One challenge is how to utilize the potential of relatively small water flow energy. Therefore, research is needed to transform constant water flow velocity to drive turbine or wheel shafts. The results show that the use of flow guide vanes on Savonius-type water turbines significantly affects turbine performance, with an average power coefficient increase of 5.80%. Additionally, the highest average power output of 3206.86% was obtained at a 45° deflector angle, which is higher compared to other angles such as 0°, 15°, 30°, and 60°.

Keywords: Water Energy, Savonius Water Turbine, Flow Guide Vane, Turbine Performance

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air karena kondisi topografinya yang bergunung dan berbukit dengan banyak sungai dan danau. Namun, potensi ini belum dikelola secara maksimal, dengan hanya sekitar 6,4% dari total potensi yang ada yang telah dimanfaatkan. Pemerintah Indonesia menargetkan bauran energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan berupaya meningkatkan kapasitas pembangkit listrik tenaga air untuk mencapai target, yang terdapat pada Tabel 1 dibawah ini.

Turbin Savonius adalah salah satu tipe turbin air yang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi air, terutama pada aliran sungai dengan kecepatan rendah. Turbin ini dapat mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanis dan listrik.

Tabel 1. Perkembangan pemanfaatan Tenaga Air Peiode 2014-2019 (Ditjern Ketenagalistrikan, Januari 2020)

Jenis Pembangkit	Kapasitas Terpasang (MW)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PLTA	5.048,59	5.068,59	5.343,59	5.343,59	5.399,59	5.558,52
PLTM	111,26	148,71	211,40	240,55	267,79	311,14
PLTMH	76,95	90,15	95,87	103,76	104,76	106,36
Total	5.236,81	5.307,46	5.650,86	5.687,91	5.772,15	5.976,03

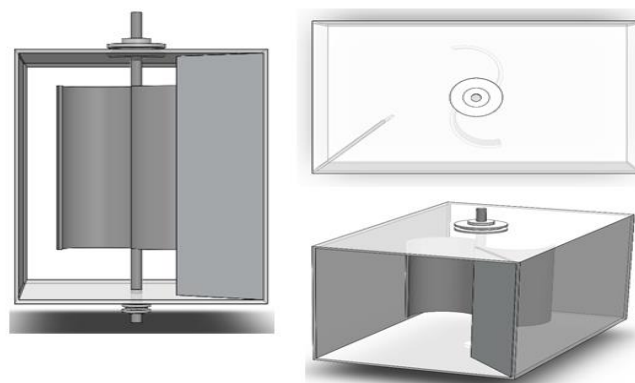
Penelitian tentang turbin Savonius dengan penambahan deflektor untuk meningkatkan efisiensi turbin. Deflektor dapat meningkatkan kecepatan aliran air dan mengurangi gaya drag, sehingga meningkatkan efisiensi turbin. Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk menganalisis kinerja turbin Savonius dengan variasi sudut pengarah aliran air (deflektor) pada saluran terbuka. Diharapkan hasil penelitian ini dapat meningkatkan performansi turbin Savonius dan membangkitkan energi listrik dari aliran air dengan kecepatan rendah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Prosedur Penelitian

Tahap Pembuatan Alat

- Desain gambar kerja menggunakan aplikasi *solidworks*, kemudian dicetak sebagai acuan dalam proses pembuatan alat.
- Persiapan alat dan bahan untuk proses pembuatan alat.
- Pemotongan Besi Siku sebagai rangka dari turbin savonius dengan ukuran yang sesuai dengan yang sudah didesain sebelumnya. Selanjutnya dilas menggunakan las listrik.
- Kemudian pembuatan sudu turbin savonius menggunakan plat.
- Pada proses selanjutnya penggabungan komponen.
- Meletakkan rangka yang sudah jadi di bidang datar.
- Pemasangan bearing pada rangka turbin untuk penyangga poros turbin
- Pemasangan sudu turbin savonius pada rangka turbin
- Pemasangan *deflector* pada rangka turbin sesuai sudut pengarah aliran air
- Ada seperangkat alat uji yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Desain Turbin Sudut Pengarah Aliran Air Pada Saluran Terbuka



Gambar 2. Alat dan bahan penelitian

2.2 Tahap Persiapan

- Mengambil data penelitian dimana semua alat pengukuran dipasang pada titik-titik yang ditentukan.
- Memeriksa keadaan alat yang akan digunakan pada pengukuran.
- Memeriksa keadaan alat yang akan digunakan pada pengujian turbin air savonius.
- Melakukan pemasangan peralatan alat uji sesuai dengan fungsi dan tujuan masing-masing
- Setelah semua data nilai didapat, maka dilakukan perhitungan debit air.
- Mengatur debit air sesuai yang diinginkan dengan adanya turbin yang Terpasang.
- Pengujian pertama pada turbin savonius *blade* kombinasi tanpa pemandu arah.
- Pengukuran putaran (rpm) pada poros Turbin savonius *blade* kombinasi dengan menggunakan *Hand Tachometer*.
- Mengukur dan mencatat hasil pengukuran putaran turbin.

2.3 Variabel Penelitian

Pada analisis sudut dimasukkan semua hasil perhitungan *Tip Speed Ratio* (TSR) dan Koefisien Daya (C_p) pada Turbin Air Savonius dua sudu dengan menggunakan variasi besar kecepatan aliran air pada turbin air Savonius dua sudu dan variasi sudut pengarah aliran air (*deflector*) yaitu 0° , 15° , 30° , 45° dan 60° dan pengaruh pembebanan untuk mendapatkan nilai torsi.

2.4 Analisis Data

Performa yang dapat dihitung dari turbin di antaranya Tip Speed Ratio (TSR), Koefisien Torsi (Ct) dan Koefisien Daya (Cp). Tip Speed Ratio (TSR) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan aliran air. Diketahui bahwa nilai koefisien daya terbaik pada turbin tipe savonius terdapat pada nilai TSR antara 0,1 sampai 1. Tahapan analisis perhitungan Performa turbin menggunakan persamaan sebagai berikut:

Perhitungan performa turbin pada pengujian sudut deflector 0^0 pada kecepatan aliran air 2,4 m/s menggunakan data pada tabel 4.1 diatas, sebagai contoh diambil data pada putaran rotor 150 rpm dengan beban F1 16 kg dan F2 10 gram, analisis perhitunganya adalah sebagai berikut:

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Rancangan Prototipe PLTS

Hasil analisis data pada turbin air savonius 2 dengan sudut *deflector* 0^0 , 15^0 , 30^0 , 45^0 dan 60^0 pada kecepatan aliran air 2,4 m/s didapatkan besarr koefisien daya (Cp) dan nilai *tip speed ratio* (TSR) pada setiap pengujian. Rata- rata koefisien daya (Cp) dan nilai *tip speed ratio* (TSR) dapat dilihat pada Tabel 2 hingga Tabel 6.

Sedangkan untuk hasil analisis Putaran poros terhadap daya (watt) pada pada turbin air savonius 2 dengan sudut *deflector* 0^0 , 15^0 , 30^0 , 45^0 dan 60^0 pada kecepatan aliran air 2,4 m/s didapatkan besar Daya pada setiap putaran rotor turbin sampai berhenti. Rata-rata besar Daya pada setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 2. Koefisen daya (Cp) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada turbin air dengan deflector pengarah sudut 0^0

No	Kecepatan aliran air (m/s)	Koefisen daya (Cp)	Tip speed Ratio (TSR)
1	2,4	0,02	2,62
2		0,02	2,18
3		0,03	1,74
4		0,03	1,31
5		0,02	0,87
6		0,01	0,44
7		0,00	0,00

Tabel 3. Koefisien daya (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada turbin air dengan deflector pengarah sudut 15°

No	Kecepatan aliran air (m/s)	Koefisien daya (C_p)	Tip speed Ratio (TSR)
1	2,4	0,02	3,1
2		0,03	2,6
3		0,02	2,2
4		0,03	1,7
5		0,03	1,3
6		0,03	0,9
7		0,01	0,4
8		0,00	0,00

Tabel 4. Koefisien daya (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada turbin air dengan deflector pengarah sudut 30°

No	Kecepatan aliran air (m/s)	Koefisien daya (C_p)	Tip speed Ratio (TSR)
1	2,4	0,04	3,1
2		0,04	2,6
3		0,05	2,2
4		0,06	1,7
5		0,05	1,3
6		0,04	0,9
7		0,02	0,4
		0,00	0,00

Tabel 5. Koefisien daya (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada turbin air dengan deflector pengarah sudut 45°

No	Kecepatan aliran air (m/s)	Koefisien daya (C_p)	Tip speed Ratio (TSR)
1	2,4	0,02	3,1
2		0,06	2,6
3		0,08	2,2
4		0,09	1,7
5		0,08	1,3
6		0,06	0,9
7		0,03	0,4
8		0,00	0,00

Tabel 6. Koefisien daya (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) pada turbin air dengan deflector pengarah sudut 60°

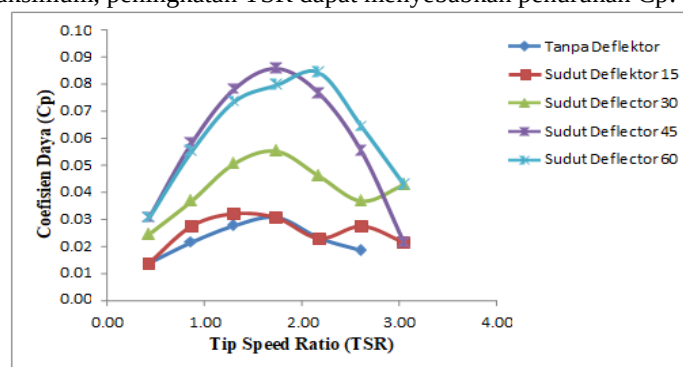
No	Kecepatan aliran air (m/s)	Koefisien daya (C_p)	Tip speed Ratio (TSR)
1	2,4	0,04	3,1
2		0,06	2,6
3		0,08	2,2
4		0,08	1,7
5		0,07	1,3
6		0,06	0,9
7		0,03	0,4
8			0,00

Tabel 7. Pengaruh sudut deflector terhadap Daya Turbin (Watt)

No	Sudut Deflector	Putaran Poros (rpm)	Daya (Watt)
1	0°	345	10.17
		300	12.71
		250	16.94
		200	15.25
		150	11.86
		100	7.62
		50	10.17
2	15°	350	11.86
		300	15.25
		250	12.71
		200	16.94
		150	17.79
		100	15.25
		50	7.62
3	30°	350	23.72
		300	20.33
		250	25.41
		200	30.50
		150	27.95
		100	20.33
		50	13.55
3	45°	350	11.86
		300	30.50
		250	42.35
		200	47.44
		150	43.20
		100	32.19
		50	16.94
4	60°	350	23.72
		300	35.58
		250	46.59
		200	44.05
		150	40.66
		100	30.50
		50	16.94

3.2 Hubungan TSR terhadap Koefisien Daya (Cp)

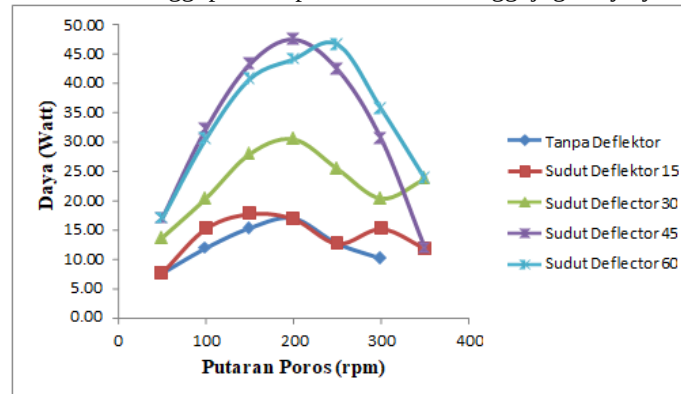
Pengujian turbin menunjukkan bahwa penggunaan deflektor dengan sudut tertentu dapat meningkatkan kinerja turbin, dengan TSR terbesar tercapai pada sudut deflektor 15°, 30°, 45°, dan 60° dengan nilai 3, sedangkan koefisien daya (Cp) terbesar tercapai pada sudut deflektor 45° dan 60° dengan nilai 0,09, dan terdapat hubungan antara TSR dan Cp yang menunjukkan bahwa setelah mencapai titik maksimum, peningkatan TSR dapat menyebabkan penurunan Cp.



Gambar 3. Hubungan TSR dan Koefisien Daya (Cp)

3.3 Putaran Poros (rpm) Terhadap Daya (Watt)

Penelitian menunjukkan bahwa sudut deflektor mempengaruhi daya pada turbin air, dengan putaran poros dan daya terbesar pada sudut deflektor 45° dan 60° , yaitu 350 rpm dan 47,44 Watt, sedangkan tanpa deflektor hanya menghasilkan 50 rpm dan daya yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran poros, semakin tinggi juga daya yang dihasilkan.



Gambar 4. Putaran Poros (rpm) Terhadap Daya (Watt)

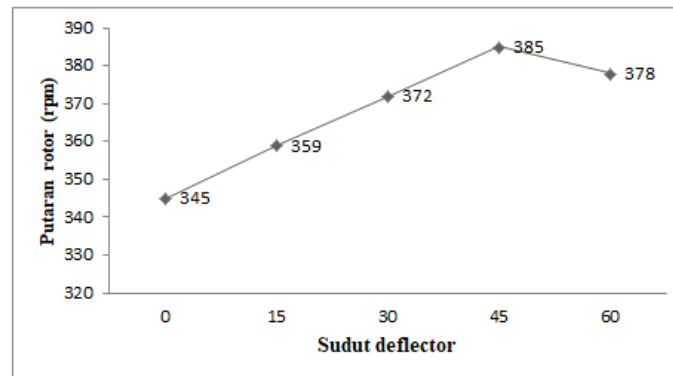
Pembahasan hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara pengaruh-pengaruh yang terjadi pada kecepatan aliran air sungai irigasi dan pengaruh penggunaan pemandu arah aliran pada rotor turbin Savonius. Berikut dibawah ini adalah tabel data rata-rata kecepatan aliran air 2,4 m/s terhadap putaran rotor turbin (rpm) setelah melewti pemandu aliran air. Seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Sudut deflector terhadap putaran rotor turbin (rpm)

No	Sudut deflector	Putaran rotor
1	0°	345
2	15°	359
3	30°	372
4	45°	385
5	60°	378

Dari lima variasi sudut pemandu arah aliran air pada turbin Savonius meningkatkan putaran turbin (rpm) karena penyempitan aliran seperti nozzle yang meningkatkan kecepatan air dan mengurangi beban putar sudu turbin. Peningkatan rpm berbanding lurus dengan sudut deflektor, kecuali pada sudut 45° , sehingga desain sudut pemandu aliran air yang tepat dapat mengoptimalkan kinerja turbin dan meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan.

Penggunaan pemandu arah aliran pada turbin Savonius dengan sudut deflektor 45° dapat meningkatkan putaran rotor turbin hingga rata-rata 385 rpm pada kecepatan aliran air 2,4 m/s. Hal ini disebabkan oleh perbandingan gaya seret yang lebih besar pada sudu cekung dibandingkan sudu cembung, sehingga rotor berputar lebih ringan. Namun, pada sudut 60° , putaran rotor menurun karena sudu cembung tidak terhalangi oleh pemandu arah aliran, sehingga sudut deflektor yang optimal sangat penting untuk meningkatkan kinerja turbin dan mengoptimalkan pemanfaatan energi aliran air.



Gambar 5. Variasi sudut deflector terhadap kecepatan putaran rotor (rpm)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Turbin air poros vertikal tipe Savonius dapat berputar dengan kecepatan 385 rpm pada aliran air 2,4 m/s dengan menggunakan pemandu arah aliran sudut 45°. Hal ini menunjukkan bahwa turbin air sungai poros vertikal tipe Savonius dapat memanfaatkan potensi energi aliran air pada kecepatan aliran yang rendah dengan efektif menggunakan pemandu aliran air.

Penggunaan pemandu arah aliran pada turbin air tipe Savonius berpengaruh signifikan terhadap peningkatan performa turbin, dengan rata-rata koefisien daya meningkat sebesar 5,80%. Selain itu, diperoleh daya rata-rata yang dihasilkan sebesar 3206,86% pada sudut deflector 45°, yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan sudut pemandu aliran air lainnya, seperti 0°, 15°, 30°, dan 60°

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. D. Pangestu and K. Nurwijayanti, "Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan Teknik Turbulent Whirlpool," *J. Ikraith-Teknologi*, vol. 5, no. 3, pp. 58–65, 2021.
- [2]. M. Mirmanto, A. Mulyanto, and B. Anugerah, "Turbin Air Tesla dengan Variasi Diameter Lubang Keluaran TESLA WATER TURBINE WITH OUTLET HOLE DIAMETER VARIATIONS," *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 19, no. 2, pp. 71–78, 2018.
- [3]. I. Pendahuluan, "PENGARUH TINGGI SUDU KINCIR AIR TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI YANG DIHASILKAN M Zahri Kadir Bambang Jurusan Teknik Teknik Mesin Me sin – Fakultas Faku ltas Teknik Tekn ik Universitas Unive rsitas Sriwijaya Sriw ijaya Jl . Raya Palembang – Prabumulih Km . 3," pp. 13–15, 2010.
- [4]. M.HIDAYAT, "A N ALISIS SUDU T SUDU-SUDU TURBIN IMPUT S TERHADAP D AYA TURBI N SEBAGAI PEMBANGKIT ' rENAGA UAPPADAPKS KAPASITAS 30 TON TBS/JAM".
- [5]. M. R. D. RAMADHAN, "ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN TIGA SUDU BERSUSUN PADA BEBERAPA VARIASI DEBIT," *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [6]. A. SEBLON, "ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN DUA SUDU BERSUSUN PADA BEBERAPA VARIASI DEBIT," *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.