

Karakteristik Turbin Angin Savonius Tiga Sirip Tipe Z Dengan Variasi Sudut Deflektor

Baso Alauddin¹, Aslim Muda Azis²

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia, Indonesia¹

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia, Indonesia²

basoalauddin84@gmail.com¹, mesinkonversi@gmail.com²

Abstrak

Kata Kunci:

Torsi, Daya, Efisiensi,
Savonius tipe-Z, Deflektor,
Turbin Angin

Tujuan penelitian turbin angin Savonius tipe Z yang dilengkapi dengan deflektor untuk mendapatkan pengaruh sudut deflektor terhadap torsi, daya dan efisiensi turbin. Penelitian ini menggunakan eksperimen terhadap prototipe turbin angin Savonius tipe Z yang dilengkapi deflektor dan menggunakan wind tunnel dengan variasi jumlah sudu 30°, 45°, dan 60°. Penelitian dilakukan dengan kecepatan angin konstan sebesar 5,33 m/s. Torsi maksimum sebesar 0,47 Nm, dan putaran 0 rpm, dengan beban 16 kg, sudut deflektor 60°. Sedangkan Daya maksimum 0,98 Watt, pada putaran 35,4 rpm, dengan beban 9 kg, sudut deflektor 60°. Dan Efisiensi maksimum sebesar 14,10 %, pada putaran 35,4 rpm, dengan beban 9 kg, pada sudut deflektor 60°.

Abstract

Key Word:

Torque, Power, Efficiency,
Z-type Savonius, Deflector,
Wind Turbine

The purpose of the research is the Savonius type Z wind turbine equipped with a deflector to obtain the effect of the deflector angle on the torque, power and efficiency of the turbine. This study used an experiment on a prototype of a Savonius wind turbine type Z equipped with a deflector and used a wind tunnel with a variation in the number of blades of 30°, 45°, and 60°. The research was conducted with a constant wind speed of 5.33 m/s. Maximum torque of 0.47 Nm, and rotation of 0 rpm, with a load of 16 kg, deflector angle of 60°. While the maximum power is 0.98 Watts, at 35.4 rpm, with a load of 9 kg, deflector angle 60°. And Maximum efficiency of 14.10 %, at 35.4 rpm revolution, with a load of 9 kg, at a deflector angle of 60°.

Copyright © xxxx

This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang wilayahnya 2/3 dari lautan dan memiliki garis pantai terpanjang keempat di dunia (setelah AS, Kanada, dan Rusia) yaitu ± 95.181 Km dan terletak di khatulistiwa, serta memiliki 17.480 pulau. Dengan batasan tersebut, 3 Indonesia memiliki potensi energi angin yang harus dikembangkan dan dimanfaatkan. Potensi energi angin di Indonesia umumnya lebih dari 5 m/s. Hasil pemetaan Institut Nasional Aeronautika dan Antariksa (Lapan) di 120 lokasi menunjukkan bahwa beberapa daerah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/s, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa (Soeripno, 2011). Mengacu pada kebijakan energi nasional, pembangkit listrik tenaga angin ditargetkan mencapai 250 MW pada tahun 2025 (Sugiyono, 2016). PLTB Sidrap di Sulawesi Selatan yang beroperasi pada tahun 2018 dengan kapasitas 75 MW menjadi ladang angin pertama dan terbesar di Indonesia. Sementara itu, pembangkit listrik tenaga angin berada dalam momentum yang baik dengan penambahan ladang angin baru berkapasitas 72 MW di Jeneponto yang diperkirakan akan mulai beroperasi pada akhir tahun 2018 (Adiatma dan Arinaldo, 2018)

Perangkat angin, yang dikembangkan oleh S.J. Savonius pada tahun 1920 (Savonius, 1925), memiliki keunggulan seperti: konstruksi yang cukup sederhana dengan biaya produksi yang relatif rendah, penerimaan angin dari segala arah untuk pengoperasian, dan memiliki berbagai pilihan konfigurasi rotor sesuai kebutuhan. Turbin angin Savonius cocok untuk kecepatan angin rendah mulai dari 1,5 – 6 m/s, dan dengan durasi angin yang lebih pendek. Turbin angin jenis ini lebih banyak diterapkan sebagai kekuatan pendorong, misalnya untuk menggerakkan pompa irigasi (Modi, Roth, dan Pittalwala Rabah dan Osawa, 1996), sistem penerangan jalan (Ricci, 2016), dan juga dapat digunakan untuk pembangkit listrik skala kecil. Sehingga ini menjadi dasar pertimbangan bahwa turbin angin Savonius dapat menjadi teknologi alternatif yang perlu diteliti dan dikembangkan selain jenis turbin angin lainnya, yang telah banyak ditemukan dalam literatur teknis dan ilmiah. Konfigurasi dan pengaturan turbin angin Savonius yang berbeda telah dipelajari, dan disimpulkan bahwa setiap konfigurasi membuktikan perilaku signifikan yang berbeda. Hasil yang diterbitkan menunjukkan bahwa kinerja rotor Savonius dipengaruhi oleh kondisi pengoperasian, 7 parameter geometris dan aliran udara. Kisaran nilai yang dilaporkan untuk koefisien daya maksimum rata-rata berkisar antara nilai 0,05-0,30, untuk sebagian besar pengaturan turbin (Akwa, Gilmar Alves da Silva dan Petry, 2012).

Performa turbin angin Savonius juga dapat ditingkatkan dengan menambahkan komponen atau bagian pada blade yang diharapkan berfungsi untuk mempercepat aliran, mengarahkan atau memusatkan aliran, mengalihkan atau menghalangi aliran atau untuk membagi aliran. Beberapa penelitian yang mengkaji hal ini antara lain penambahan sirip di bagian dalam sendok, yang menghasilkan kinerja terbaik atau C_{pmax} 0,11 menggunakan 1 sirip (Hasan, Hantoro, Nugroho, 2013)

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimen. Adapun bahan dan alat yang digunakan sebagai berikut

1. Bahan Untuk Membuat Turbin Angin

- a) Poros yang digunakan
 - Bahan = Besi
 - Diameter (D) = 10,0 mm
 - Tinggi (h) = 618 mm
- b) Sudu/bilah
 - Bahan = Pipa PVC
 - Diameter (D) = 280,0 mm
 - Tinggi (h) = 280,0 mm
- c) Kipas
 - Merek Kipas = Westco
 - Voltage = 220/240 VAC
 - Watt = 1500 W
 - Frekuensi = 50 Hz
 - Ukuran = 450,0 mm (18)
 - Model = SHT-45
- d) Bantalan
 - Bahan = Pipa Besi
 - Jenis = Bola Hutan Dalam
 - Angka Bearin = 6700 zz

2. Peralatan Untuk Pengujian

- a) Pasir sebagai beban.
- b) Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin.
- c) Termometer berfungsi untuk mengukur suhu sekitar.
- d) Tachometer berfungsi untuk mengukur rotasi poros.
- e) Timbangan, berfungsi untuk mengukur berat beban.
- f) Tali nilon berfungsi untuk mengirimkan beban.

3. Proses pengumpulan data

- a) Siapkan alat ukur yang digunakan dalam pengukuran turbin angin Savonius tipe-Z dengan poros vertikal.

- b) Bawa peralatan uji turbin angin tipe Z Savonius ke lokasi pengujian untuk melakukan pengukuran dan menguji turbin angin.
- c) Memasang turbin angin Savonius tipe-Z dengan sejumlah sirip.
- d) Pastikan peralatan uji terpasang dengan benar sebelum pengujian.
- e) Mengukur suhu menggunakan termometer.
- f) Mengukur kecepatan angin menggunakan anemometer.
- g) Menimbang pasir sebagai beban menggunakan timbangan digital.
- h) Setelah itu, hitung jumlah putaran turbin angin Savonius tipe Z tanpa beban menggunakan tachometer.
- i) Kemudian beban ditambahkan hingga rotasi turbin angin Savonius tipe-Z berhenti berputar.
- j) Mencatat hasil pengukuran pada tabel desain penelitian yang telah diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Pengukuran Kecepatan Angin

Atas	Tengah	Turunkan	Tengah	Kecepatan Angin Rata-rata, \bar{V} (m/s)
7.90	6.90	5.80	6.87	5.33
7.20	5.90	6.10	6.40	
6.10	6.90	4.00	5.67	
6.20	4.30	5.90	5.47	
6.70	5.60	4.20	5.50	
5.60	5.60	3.80	5.00	
5.90	5.40	3.30	4.87	
4.00	3.90	3.30	3.73	
5.70	3.30	4.00	4.33	
6.40	3.30	6.60	5.43	

Tabel 2. Data Beban Dan Rotasi Dengan Variasi Sudut Deflektor

Deflektor Sudut (°)	Kecepatan aliran, v (m/s)	Beban, (kg)	Putaran, n (rpm)						Suhu T (°C)
			n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	\bar{n}	
Tanpa Deflektor	5.33	0	46.9	46.4	46.5	46.6	46.7	46.6	25
	5.33	1	44.9	44.7	44.6	44.3	44.1	44.5	
	5.33	2	43.1	42.7	42.6	42.5	42.3	42.6	
	5.33	3	40.1	39.8	39.7	39.4	39.2	39.6	
	5.33	4	37.9	37.7	37.4	37.2	37.3	30.1	
	5.33	5	34.9	34.7	34.8	34.3	34.5	34.6	
	5.33	6	30.7	30.6	30.4	30.2	30.1	30.4	
	5.33	7	27.4	27.2	27.1	26.8	26.7	27.0	
	5.33	8	20.6	20.4	20.3	20.1	20	20.3	
	5.33	9	14.6	14.3	14.1	13.8	14.2	14.2	
30	5.33	10	0	0	0	0	0	0	25
	5.33	0	50.8	50.6	50.4	50.2	50.1	50.4	
	5.33	1	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	
	5.33	2	46.9	46.7	46.5	46.3	46.2	46.5	
	5.33	3	40.6	40.5	40.3	40.2	40.1	40.3	
	5.33	4	37.7	37.5	37.3	37.2	37	37.3	
	5.33	5	34.9	34.7	34.6	34.3	34.2	34.5	

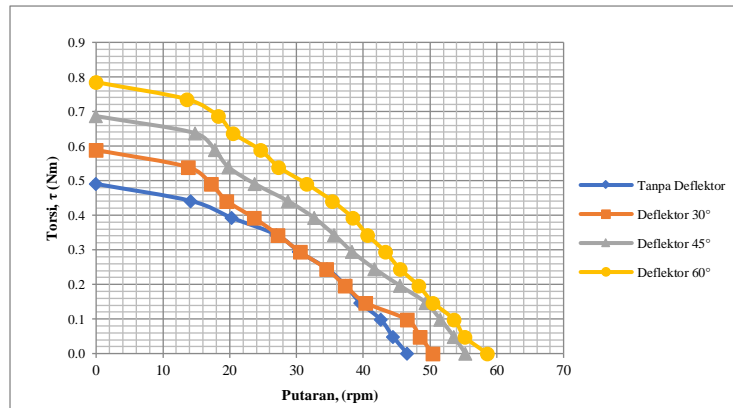
	5.33	6	30.9	30.8	30.5	30.3	30.2	30.5	
	5.33	7	27.5	27.4	27.2	27.1	26.8	27.2	
	5.33	8	23.9	23.8	23.6	23.4	23.3	23.6	
	5.33	9	19.9	19.8	19.6	19.4	19.3	19.6	
	5.33	10	17.5	17.4	17.2	17.1	16.8	17.2	
	5.33	11	14.1	13.8	13.7	13.4	13.5	13.7	
	5.33	12	0	0	0	0	0	0	
	5.33	0	55.7	55.4	55.3	55.2	54.9	55.3	
	5.33	1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.6	53.6	
	5.33	2	51.9	51.3	51.7	51.5	51.6	51.6	
	5.33	3	49.7	49.6	49.5	49.2	49.1	49.4	
	5.33	4	45.8	45.7	45.5	45.3	45.2	45.5	
	5.33	5	41.9	41.8	41.6	41.7	41.5	41.7	
	5.33	6	38.7	38.6	38.4	38.2	38.1	38.4	
45	5.33	7	36.1	35.8	35.7	35.3	35.6	35.7	25
	5.33	8	33.1	32.9	32.6	32.4	32.5	32.7	
	5.33	9	29.1	28.9	28.6	28.4	28.5	28.7	
	5.33	10	24.2	23.9	23.8	23.6	23.5	23.8	
	5.33	11	20.1	20	19.8	19.6	19.5	20	
	5.33	12	18.3	17.9	17.8	17.6	17.4	17.8	
	5.33	13	15.2	15	14.8	14.6	14.4	14.8	
	5.33	14	0	0	0	0	0	0	
	5.33	0	58.9	58.7	58.6	58.3	58.5	58.6	
	5.33	1	55.5	55.1	55.3	55.2	49.9	54.2	
	5.33	2	53.9	53.8	53.6	53.3	53.4	53.6	
	5.33	3	50.8	50.6	50.4	50.5	50.2	50.5	
	5.33	4	48.7	48.5	48.2	48.1	48	48.3	
	5.33	5	45.9	45.6	45.5	45.3	45.2	45.5	
60	5.33	6	43.6	43.3	43.5	43.1	43	43.3	25
	5.33	7	40.9	40.8	40.4	40.6	40.3	40.6	
	5.33	8	38.8	38.5	38.4	38.2	38.1	38.4	
	5.33	9	35.7	35.6	35.3	35.2	35.2	35.4	
	5.33	10	31.9	31.7	31.6	31.4	31.4	31.6	
	5.33	11	27.5	27.3	27.4	27.2	27.1	27.3	
	5.33	12	24.9	24.7	24.6	24.5	24.3	24.6	

5.33	13	20.8	20.6	20.5	20.2	20.4	20.5
5.33	14	18.6	18.5	18.3	18.2	17.9	18.3
5.33	15	14	13.8	13.5	13.4	13.3	13.6
5.33	16	0	0	0	0	0	0

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan

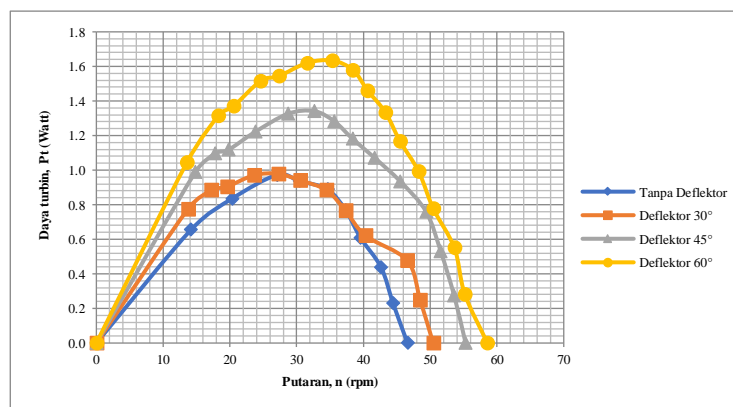
Deflektor Sudut (°)	Kecepatan angin, (m/s)	Beban m (kg)	Putaran n (rpm)	Gaya F (N)	Torsi τ (Nm)	Kecepatan sudut (rad/dtk)	Daya Angin (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
30	5.33	0	46.6	0	0.00	4.88	7.0	0.0	0
	5.33	1	44.5	9.81	0.03	4.65	7.0	0.1	1.97
	5.33	2	42.6	19.62	0.06	4.46	7.0	0.3	3.78
	5.33	3	39.6	29.43	0.09	4.14	7.0	0.4	5.26
	5.33	4	37.4	39.24	0.12	3.91	7.0	0.5	6.62
	5.33	5	34.6	49.05	0.15	3.62	7.0	0.5	7.67
	5.33	6	30.4	58.86	0.18	3.18	7.0	0.6	8.09
	5.33	7	27.0	68.67	0.21	2.83	7.0	0.6	8.39
	5.33	8	20.3	78.48	0.24	2.13	7.0	0.5	7.21
	5.33	9	14.2	88.29	0.26	1.48	7.0	0.4	5.66
	5.33	10	0.0	98.1	0.29	0.00	7.0	0.0	0.00
	5.33	0	50.4	0	0.00	5.28	7.0	0.0	0.00
45	5.33	1	48.5	9.81	0.03	5.08	7.0	0.1	2.15
	5.33	2	46.5	19.62	0.06	4.87	7.0	0.3	4.13
	5.33	3	40.3	29.43	0.09	4.22	7.0	0.4	5.36
	5.33	4	37.3	39.24	0.12	3.91	7.0	0.5	6.61
	5.33	5	34.5	49.05	0.15	3.61	7.0	0.5	7.64
	5.33	6	30.5	58.86	0.18	3.20	7.0	0.6	8.12
	5.33	7	27.2	68.67	0.21	2.85	7.0	0.6	8.45
	5.33	8	23.6	78.48	0.24	2.47	7.0	0.6	8.38
	5.33	9	19.6	88.29	0.26	2.05	7.0	0.5	7.81
	5.33	10	17.2	98.1	0.29	1.80	7.0	0.5	7.63
	5.33	11	13.7	107.91	0.32	1.44	7.0	0.5	6.70
	5.33	12	0.0	117.72	0.35	0.00	7.0	0.0	0.00
60	5.33	0	55.3	0	0.00	5.79	7.0	0.0	0.00
	5.33	1	53.6	9.81	0.03	5.61	7.0	0.2	2.37
	5.33	2	51.6	19.62	0.06	5.40	7.0	0.3	4.57
	5.33	3	49.4	29.43	0.09	5.17	7.0	0.5	6.57
	5.33	4	45.5	39.24	0.12	4.76	7.0	0.6	8.07
	5.33	5	41.7	49.05	0.15	4.36	7.0	0.6	9.24
	5.33	6	38.4	58.86	0.18	4.02	7.0	0.7	10.20
	5.33	7	35.7	68.67	0.21	3.73	7.0	0.8	11.06
	5.33	8	32.7	78.48	0.24	3.42	7.0	0.8	11.58
	5.33	9	28.7	88.29	0.26	3.00	7.0	0.8	11.45
	5.33	10	23.8	98.1	0.29	2.49	7.0	0.7	10.55
	5.33	11	19.8	107.91	0.32	2.07	7.0	0.7	9.65
5.33	12	17.8	117.72	0.35	1.86	7.0	0.7	9.47	
5.33	13	14.8	127.53	0.38	1.55	7.0	0.6	8.53	
5.33	14	0.0	137.34	0.41	0.00	7.0	0.0	0.00	
5.33	0	58.6	0	0.00	6.13	7.0	0.0	0.00	
5.33	1	55.2	9.81	0.03	5.78	7.0	0.2	2.45	
5.33	2	53.6	19.62	0.06	5.61	7.0	0.3	4.75	
5.33	3	50.5	29.43	0.09	5.28	7.0	0.5	6.71	
5.33	4	48.3	39.24	0.12	5.05	7.0	0.6	8.56	
5.33	5	45.5	49.05	0.15	4.76	7.0	0.7	10.08	
5.33	6	43.3	58.86	0.18	4.53	7.0	0.8	11.51	
5.33	7	40.6	68.67	0.21	4.25	7.0	0.9	12.61	
5.33	8	38.4	78.48	0.24	4.02	7.0	0.9	13.63	
5.33	9	35.4	88.29	0.26	3.70	7.0	1.0	14.10	

5.33	10	31.6	98.1	0.29	3.30	7.0	1.0	13.99
5.33	11	27.3	107.91	0.32	2.86	7.0	0.9	13.33
5.33	12	24.6	117.72	0.35	2.58	7.0	0.9	13.09
5.33	13	20.5	127.53	0.38	2.15	7.0	0.8	11.82
5.33	14	18.3	137.34	0.41	1.92	7.0	0.8	11.35
5.33	15	13.6	147.15	0.44	1.42	7.0	0.6	9.01
5.33	16	0.0	156.96	0.47	0.00	7.0	0.0	0.00



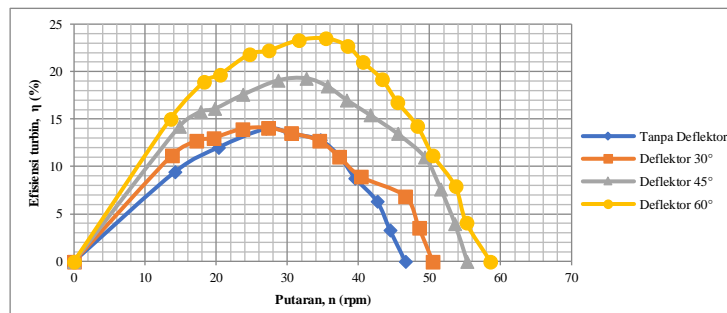
Gambar 1. Grafik Pengaruh putaran terhadap torsi turbin angin savonius tipe z dengan variasi sudut tanpa deflektor, 30°, 45°, dan 60°

Berdasarkan table diatas di peroleh torsi maksimum sebesar 0.29 Nm, pada sudu tanpa deflektor pada pembebanan 10 kg. Pada sudut deflektor 30° diperoleh torsi maksimum sebesar 0,35 Nm, dengan pembebanan 12 kg. pada sudut deflektor 45° diperoleh torsi maksimum sebesar 0,41 Nm, dengan pembebanan 14kg. pada sudut deflektor 60° di peroleh torsi maksimum sebesar 0, 47 Nm, dengan pembebanan 16 kg. dari data di atas dapat diketahui bahwa, semakin besar sudut deflektor yang digunakan maka semakin besar torsi angin yang di dapatkan.



Gambar. 2 Grafik pengaruh putaran terhadap daya turbin angin savonius tipe z dengan variasi tanpa deflektor, 30°, 45°, dan 60°.

Berdasarkan garafik diatas di peroleh daya maksimum sebesar 0,58Watt pada putaran 27,0 rpm dengan sudut tanpa deflektor pada pembebanan 7 kg. pada susut deflektor 30° diperoleh daya maksimum sebesar 0,59Watt pada putaran 27,2rpm dengan pembebanan 7 kg. pada sudut deflektor 45° diperoleh daya maksimum sebesar 0,80Watt pada putaran 32,7rpm dengan pembebanan 8 kg pada sudut deflektor 60° diperoleh daya maksimum sebesar 0,98Watt pada putaran 35,4 rpm dengan pembebanan 9 kg. dari data diatas dapat diketahui bahwa, semakin besar sudut deflektor yang digunakan maka semakin besar daya angin yang di dapatkan.



Gambar 3. Grafik pengaruh putaran efisiensi turbin angin savonius tipe z dengan variasi sudut tanpa deflektor, 30°, 45°, dan 60°.

Berdasarkan grafik diatas diperoleh efisiensi maksimal sebesar 8,39 % pada putaran 27,0 rpm dengan sudut tanpa deflektor pada pembebanan 7 kg. pada sudut deflektor 30° diperoleh efisiensi maksimum sebesar 8,45% pada putaran 27,2 rpm dengan pembebanan 7 kg. pada sudut deflektor 45° diperoleh efisiensi maksimum 11,58% pada putaran 32,7rpm dengan pembebanan 8 kg. pada sudut deflektor 60° diperoleh efisiensi maksimum 14,10% pada putaran 35,4rpm dengan pembebanan 9 kg. dari data diatas dapat diketahui bahwa, semakin besar sudut deflektor yang digunakan maka semakin besar efisiensi angin yang didapatkan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan pada turbin angin savonius tipe z dengan variasi sudut tanpa deflektor, 30°, 45°, dan 60°. Pada kecepatan angin 5,33 m/s, maka dapat disimpulkan efisiensi maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin savonius tipe z sebesar 14,10% pada putaran 35,4 rpm dengan pembebanan 9 kg pada sudut deflektor 60°. Torsi maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin savonius tipe z sebesar 0,47Nm pada putaran 0 rpm dengan pembebanan 16 kg pada sudut deflektor 60°. Daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin savonius tipe z sebesar 0,98Watt pada putaran 35,4 rpm, dengan pembebanan 9 kg pada sudut deflektor 60°. TSR maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin savonius tipe z sebesar 0,003 λ pada putaran 58,6 rpm, dengan pembebanan 0 kg pada sudut deflektor 60°.

DAFTAR REFERENSI

- Burcin, Mehmet Atılğan, Aydoğan Ozdamar. Experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining. 2008
- Cooper, Paul and Oliver Kennedy Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine. University of Wollongong, Wollongong, Australia, 2002.
- Daryanto, Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG-UPT-LAGG. Yogyakarta, 2021
- De Vries, O. *On the theory of the horizontal-axis wind turbine. Annual review of fluid mechanics*, 15, 77 - 96. 1983
- Fiedler, Andrzej J. & Stephen Tullis. Blade Offset and Pitch Effects on a High Solidity Vertical Axis Wind Turbine. 2009
- Hermawan, Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Dengan Variasi Jumlah Sudu Dan Variasi Posisi Sudut Turbin. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, 2010
- Johari, M. K., Jalil, M., & Shariff, M. F. M. Comparison of horizontal axis wind turbine (HAWT) and vertical axis wind turbine (VAWT). *International Journal of Engineering and Technology*, 74 - 80, 2018

- Menet Menet, Rezende T.D. Static & Dynamic Study Of A Conventional Savonius Rotor Using A Numerical Simulation. 21e Congres Francais de Mecanique (CFM), 2013
- Nasef M.H., El-Askary W.A., Abdel-Hamid A.A., Gad H.E. Evaluation Of Savonius Rotor Performance: Static And Dynamic Studies. Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics Vol. 123, pp. 1-11, 2013
- Prayoga, W. A. Perancangan dan pemodelan turbin darrieus untuk pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL), 2019
- Pamuji, S. H. Uji Performance Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Bertingkat Dengan Variasi Posisi Sudut (Doctoral dissertation, Universitas Mataram, 2015.
- Sukanta R., Saha U.K. Computational Study To Assess The Influence Of Overlap Ratio On Static Torque Characteristic Of A Vertical Axis Wind Turbine. Journal Of Procedia Engineering Vol. 51, pp. 694-702, 2022
- Tedjo Narsoyo Reksoatmodjo tentang Vertical- Axis Differential Drag Windmill. Dosen Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI), 2005