

PENGARUH VARIASI DIAMETER *END PLATE* TERHADAP KOEFSIEN DAYA TURBIN ANGIN POROS VERTIKAL SAVONIUS HELIKS

Ahmad Bahrul Ulum¹, Sukarno Budi Utomo²

^{1,2}Universitas Islam Sultan Agung

Email: ahmad07bahrululum@gmail.com¹, sukarno@unissula.ac.id²

Abstrak: Transisi energi dari energi fosil menjadi energi baru terbarukan menjadi pilihan terbaik untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin masif pada era perkembangan teknologi sekarang ini. Potensi energi angin di Indonesia dengan rata-rata kecepatan angin 3-6 m/s dengan fluktuasi yang tinggi dan dipengaruhi oleh musim serta geografis sangat sesuai dengan karakteristik turbin angin savonius. *End plate* merupakan komponen pendukung pada turbin savonius untuk mendapatkan gaya aerodinamis tambahan sehingga dapat memaksimalkan koefisien daya turbin. Penelitian ini menggunakan turbin angin savonius tipe heliks 180°, poros vertikal dengan jumlah sudu dua buah, berbahan plastik *polypropylene* 1,2 mm. Tujuan penelitian ini adalah melakukan eksperimen untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pada *end plate* terhadap kinerja turbin angin savonius tipe heliks yang meliputi koefisien daya (C_p), *tip speed ratio* (TSR) dan *output* generator. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *eksperimental research* dengan variasi diameter *end plate* yaitu 80%, 100%, 120% dan kombinasi (80% dan 120%) dari diameter turbin. Sumber angin yang digunakan adalah stand fan dengan variasi kecepatan angin 4 m/s, 4,8 m/s, dan 5,5 m/s. Hasil pengujian dan analisis didapatkan bahwa nilai diameter turbin yang optimal penelitian ini terdapat pada 100% dari diameter turbin dengan C_p mencapai 0,7 pada TSR optimal 0,6 dengan *output* generator yang stabil.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Plat Ujung, Savonius Heliks, Koefisien Daya

Abstract: The energy transition from fossil energy to new renewable energy is the best choice to reduce the increasingly massive use of fossil energy in this era of technological development. The potential for wind energy in Indonesia with an average wind speed of 3-6 m/s with high fluctuations and influenced by season and geography is very suitable for the characteristics of savonius wind turbines. The *end plate* is a supporting component in the Savonius turbine to obtain additional aerodynamic forces so as to maximize the power coefficient of the turbine. This research uses a 180° helical type savonius wind turbine, a vertical shaft with two blades, made of 1.2 mm polypropylene plastic. The purpose of this research is to conduct experiments to determine the effect of diameter variations on the *end plate* on the performance of helical type savonius wind turbines which include power coefficient (C_p), tip speed ratio (TSR) and generator output. The method used in this research is experimental research with *end plate* diameter variations of 80%, 100%, 120% and a combination (80% and 120%) of the turbine diameter. The wind source used is a stand fan with wind speed variations of 4 m/s, 4.8 m/s, and 5.5 m/s. The results of testing and analysis found that the optimal turbine diameter value of this study is at 100% of the turbine diameter with C_p reaching 0,7 at an optimal TSR of 0.6 with a stable output of generator.

Keywords: Renewable Energy, End Plates, Helix Savonius, Power Coefficient

PENDAHULUAN

Berdasar data yang dipublikasikan EBTKE-ESDM mengenai peta potensi energi angin di Indonesia tahun 2020, rata-rata kecepatan angin di Indonesia pada kisaran 3-6 m/s dengan fluktuasi yang tinggi, Kincir angin poros vertikal savonius merupakan jenis kincir angin yang sesuai dengan karakter angin di Indonesia. Kincir angin savonius memiliki beberapa kelebihan yaitu torsi *start* yang baik pada kecepatan angin rendah, konstruksinya sederhana dan mudah dibuat, ekonomis, tidak memerlukan pengarah karena dapat menerima angin dari segala arah, namun kekurangannya adalah memiliki koefisien daya yang rendah dan beroperasi pada *tip speed ratio* yang rendah pula sehingga sulit integrasi dengan generator

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan turbin savonius memiliki nilai efisiensi yang kecil adalah desain dan geometri baik sudu maupun sistem yang belum optimal, aspek rasio rotor, jumlah sudu, dan pengaruh rotor bertingkat sehingga mengakibatkan kerugian angin berupa torsi balik pada sisi cembung bilah sudu.

Penelitian mengenai profil *end plate* menghasilkan hasil dimana *end plate* dengan bentuk lingkaran penuh dengan diameter sama dengan diameter turbin memiliki dampak positif paling besar terhadap koefisien daya, namun penelitian tersebut belum membahas *end plate* dengan profil lingkaran penuh dengan diameter yang lebih besar maupun lebih kecil dari turbin, dengan demikian penulis ingin melanjutkan penelitian tersebut dengan memvariasikan ukuran diameter *end plate*.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh perbedaan diameter *end plate* pada turbin angin savonius tipe heliks dan menentukan diameter *end plate* yang tepat untuk meningkatkan efisiensi turbin.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh perbedaan diameter *end plate* terhadap putaran poros turbin.
3. Mengatahui nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan pada generator, serta daya pada turbin setelah terintegrasi dengan generator.

LANDASAN TEORI

Terdapat dua macam gaya yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin, yaitu gaya *lift* dan gaya *drag*. Turbin savonius menggunakan gaya *drag* untuk menggerakkan turbin,

gaya *drag* merupakan gaya yang menghambat laju benda yang melewati aliran fluida, atau gaya dorong dari aliran fluida yang menyebabkan torsi negatif dari sebuah benda berpenampang.

Daya angin yang akan dimanfaatkan sebagai sumber energi pada turbin angin dapat dihitung melalui persamaan 1.

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Turbin savonius konvensional terdapat permasalahan yaitu adanya perbedaan nilai torsi dan gaya hambat pada posisi sudut putar yang berbeda, untuk mengatasi permasalahan tersebut maka profil rotor turbin dapat dibuat helical dengan sudut putar 90° atau 180° , sehingga mendapatkan hasil torsi statis yang positif pada semua sudut putar.

Koefisien daya (C_p) turbin merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin (P_t) terhadap daya yang disediakan oleh angin (P_a), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100\% \quad (2)$$

Dengan daya turbin sebagai berikut :

$$P_t = T \cdot \frac{2 \pi n}{60} \quad (3)$$

Tip speed ratio (rasio kecepatan ujung) merupakan perbandingan kecepatan putar ujung rotor terhadap kecepatan angin. Pada kecepatan angin dengan nominal tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor, *tip speed ratio* dihitung dengan persamaan berikut :

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{2 \pi n}{60} \cdot \frac{r}{v} = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60 \cdot v}$$

genertor AC dimana armatur berputar menghasilkan GGL pada ujung kumparan yaitu berupa dua buah *slip ring*, dengan proses naik dan turun secara periodik ini terbentuk listrik bolak balik. Pada generator DC hampir sama prinsipnya dengan generator AC namun tidak mempunyai *slip ring*, sebagai gantinya generator DC memiliki komutator yang berfungsi untuk memastikan bahwa arus yang mengalir melalui lilitan rotor selalu dalam arah yang sama.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *experimental research* dimana data yang didapat pada penelitian ini merupakan data yang diukur secara langsung saat pengujian, dan dimensi turbin dihitung setelah studi literatur yang telah dilakukan.

A. Perancangan Turbin

Perancangan turbin dilakukan menggunakan persamaan 1 dengan daya angin yang akan dimanfaatkan diasumsikan 50 watt, massa jenis fluida 1,2 Kg/m³ kecepatan angin menggunakan median dari data kecepatan angin pada *stand fan* yaitu 4,8 m/s, sehingga didapatkan luas sapuan angin sebesar 0,75 m². Proses pembuatan turbin secara manual membutuhkan penambahan margin, sehingga spesifikasi turbin yang digunakan pada penelitian dijelaskan pada tabel 1 dan hasil dari proses manufaktur pembuatan turbin dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Turbin savonius heliks.

Tabel 1. Spesifikasi turbin.

Spesifikasi Turbin	
Tipe blade	Heliks 180°
Jumlah blade	2
Diameter poros (e)	2,6
Diameter turbin (D)	76 cm,0,76 m
Tinggi turbin (H)	1,08 m
Luas sapuan (A)	$(H \times D) = 0,81 \text{ m}^2$

Aspek rasio (A_R)	$(H/D) = 1,42$
Blade chord length (d)	$0,38 + (\frac{e}{2}) = 0,393 \text{ m}$
Rasio overlap (β)	$(\frac{e}{d}) = 0,0661$

Penelitian ini menggunakan empat pasang *end plate* berbentuk lingkaran dengan diameter yang berbeda tiap pasangannya, ukuran endplate disesuaikan sekiranya tidak terlalu sedikit perbedaan rasionya sehingga dapat terlihat perbedaan hasilnya, percobaan yang dilakukan pada penelitian berdasarkan tiap pasang *end plate* dijelaskan pada tabel 2 dan hasil pembuatan dari *end plate* dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. *End plate* turbin.

Tabel 2. Percobaan pada penelitian.

Percobaan	<i>End plate</i> atas	<i>End plate</i> bawah
A	0,8x diameter atas turbin / 61 cm	0,8 x diameter bawah turbin / 61 cm
B	1 x diameter atas turbin / 76 cm	1 x diameter bawah turbin / 76 cm
C	1,2 x diameter atas turbin / 91 cm	1,2 x diameter bawah turbin / 91 cm
D	0,8 x diameter atas turbin / 61 cm	1,2 x diameter bawah turbin / 91 cm

B. Penunjang penelitian

Generator yang digunakan pada penelitian adalah generator DC, dengan spesifikasi awal dijelaskan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Spesifikasi generator.

Spesifikasi Generator DC	
panjang	11 cm
lebar	8 cm
Diameter ass	8mm
<i>Output</i> maksimal	150 watt
<i>Output</i> DC	24-100 v / 3 ampere (bergantung pada rpm)

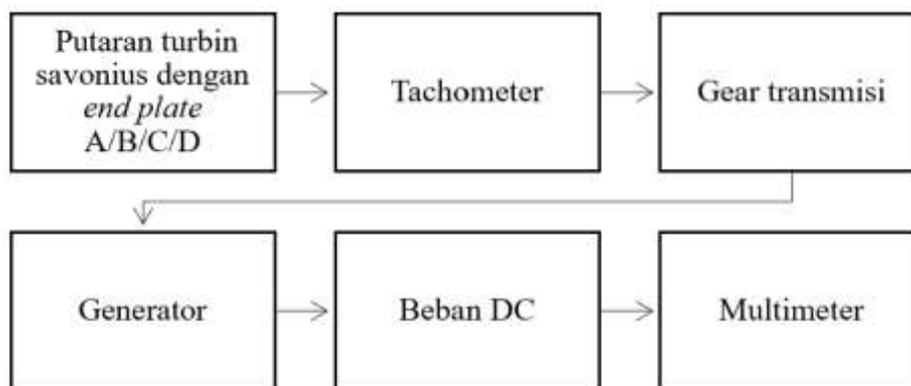
Penelitian ini menggunakan peralatan untuk menunjang dalam proses penelitian yang dicantumkan pada tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Peralatan penunjang penelitian.

<i>Digital tachometer</i>	Lutron DT-2234BL
<i>Industrial stand fan</i>	RED STAR SF-65
Multimeter	Krisbow KW06-272
Multimeter	SANWA CD800a
Anemometer digital	Benetech GM816

C. Rangkaian penelitian.

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan urutan sesuai diagram blok sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram blok penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, akan membahas hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan terkait dengan nilai perbandingan koefisien daya turbin, dan daya keluaran generator pada turbin angin savonius heliks dengan variasi *end plate* pada percobaan A,B,C, dan D pada berbagai kecepatan angin. Berikut adalah pengujian yang dilakukan.

A. Performa Turbin sebelum terintegrasi dengan generator.

Pengukuran putaran poros turbin sebagai fungsi kecepatan angin.

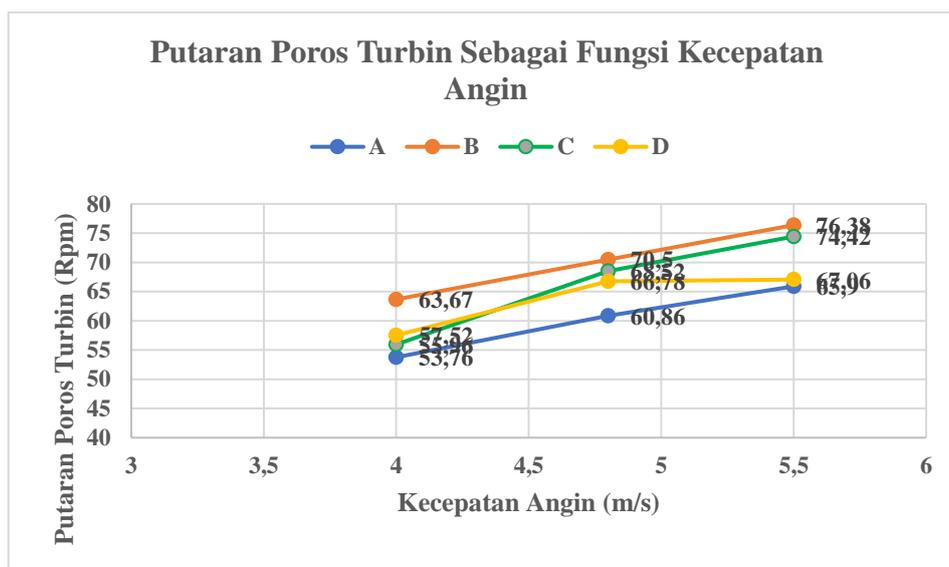
Dalam pengujian ini nilai kecepatan angin dan putaran poros turbin savonius heliks dengan empat percobaan, dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing percobaan sehingga didapatkan rata-rata hasil pengukuran yang ditunjukkan pada tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Pengukuran putaran poros turbin (n) sebagai fungsi kecepatan angin.

No.	Percobaan	Kecepatan angin (m/s)	Putaran poros turbin (rpm)
1A	A	4	53,76
2A		4,8	60,86
3A		5,5	65,90
1B	B	4	63,67
2B		4,8	70,50
3B		5,5	76,38
1C	C	4	55,96
2C		4,8	68,52
3C		5,5	74,42
4D	D	4	57,52
4D		4,8	66,78

4D	5,5	67,06
----	-----	-------

Berdasarkan tabel 5 terdapat perbedaan nilai putaran poros turbin antara satu percobaan dengan percobaan lainnya, dan juga pada kecepatan angin yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. putaran poros turbin sebagai fungsi kecepatan angin.

Berdasarkan gambar 4 dapat dijelaskan bahwa, turbin savonius heliks dengan percobaan A (*end plate* atas 61 cm) menghasilkan putaran poros turbin paling kecil diantara percobaan lainnya, dengan nilai rata-rata 53,76 rpm pada 4 m/s dan dengan nilai rata-rata tertinggi 65,9 pada 5,5 m/s, berdasar data ini menunjukkan *end plate* dengan diameter yang lebih kecil dari diameter turbin menyebabkan banyak ruang terbuka pada sisi atas dan bawah turbin, banyak angin yang terbuang sia-sia sehingga tidak mendapatkan gaya aerodinamis yang maksimal meskipun massa dari turbin dan endplate percobaan A paling ringan diantara percobaan lainnya.

Percobaan B (*end plate* atas 76 cm) menunjukkan hasil yang maksimal pada berbagai kecepatan angin yang diuji cobakan, hasilnya pun cenderung konstan meningkat, dengan nilai rata-rata terkecil 63,67 rpm pada 4 m/s dan nilai rata-rata terbesar 76,38 rpm pada 5,5 m/s. berdasarkan pengujian didapatkan bahwa *end plate* dengan diameter yang sama dengan diameter turbin menjadikan sirkulasi angin yang melewati turbin tidak terbuang sia-sia dan juga tidak tertahan pada sisi luar turbin. sehingga gaya-gaya aerodinamis maksimal terhadap putaran poros.

Percobaan C (*end plate* atas 91 cm) pada grafik pengukuran menunjukkan bahwa percobaan C mendapatkan putaran yang lebih sedikit dari percobaan B dan D pada kecepatan angin 4 m/s dengan nilai rata-rata 55,96 rpm, kemudian meningkat menjadi lebih besar dari percobaan D pada kecepatan angin 4,8 m/s dengan rata-rata 58,52 rpm dan nilai rata-rata maksimal pada 5,5 m/s yang hampir mendekati percobaan B dengan nilai 74,42 rpm. dari penjelasan tersebut percobaan C tidak maksimal pada kecepatan angin yang rendah, karena *end plate* yang digunakan lebih besar dari diameter turbin sehingga sirkulasi udara menjadi tertahan pada sisi luar turbin, dengan kecepatan angin yang rendah dan sirkulasi yang tertahan menjadikan turbin tidak maksimal, namun mendapatkan hasil yang baik pada kecepatan angin yang lebih tinggi, karena gaya-gaya aerodinamis yang dapat dimanfaatkan turbin lebih besar dari rugi-rugi aliran angin pada sisi luar turbin sehingga putaran poros turbin menjadi lebih baik.

Percobaan D menggunakan dua *end plate* yang berbeda yaitu pada sisi atas berdiameter 61 cm atau lebih kecil dari diameter turbin, dan pada sisi bawah 91 cm dimana lebih besar dari diameter turbin, pada kecepatan angin 4 ms percobaan D menghasilkan putaran yang baik dengan nilai rata-rata 57,52 rpm, sedikit lebih baik dibandingkan dengan percobaan C, namun pada kecepatan angin yang lebih tinggi percobaan D justru tidak lebih baik dari percobaan C, dan nilainya turun terutama pada kecepatan angin 5,5 m/s dengan kecepatan rata-rata 67,06 rpm. percobaan D (*end plate* atas 61 cm dan *end plate* bawah 91 cm) menyebabkan angin yang melewati turbin terbuang pada sisi atas turbin dan aliran angin tertahan pada sisi luar bawah turbin, pada kecepatan angin 4 m/s angin tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal karena hal tersebut, pada kecepatan angin 4,8 m/s putaran poros turbin menjadi paling optimal, kemudian pada kecepatan angin 5,5 m/s putaran poros turbin hanya naik sejumlah kecil saja karena selain terbuangnya angin pada sisi atas turbin, rugi-rugi aliran angin pada kecepatan angin yang tinggi juga mengakibatkan putaran turbin tidak maksimal.

Perbedaan nilai putaran poros turbin yang disebabkan oleh diameter *end plate* yang berbeda pada masing-masing percobaan menunjukkan adanya perbedaan gaya-gaya aerodinamis pada tiap-tiap percobaannya.

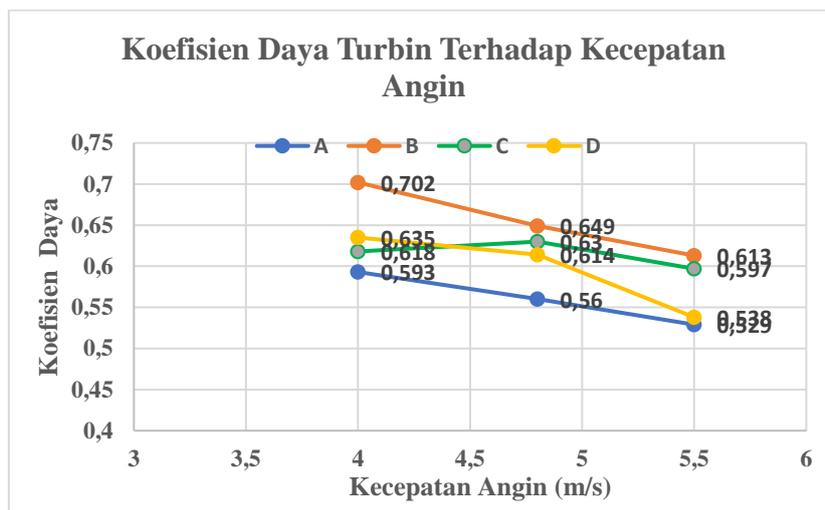
Perhitungan koefisien daya turbin dan *tip speed ratio*.

Perhitungan nilai koefisien daya dan *tip speed ratio* menggunakan persamaan 12 dan 13, nilai putaran poros turbin yang digunakan merupakan nilai rata-rata yang diperoleh, koefisien daya turbin pada semua percobaan dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Hasil perhitungan koefisien daya dan *tip speed ratio* turbin.

No.	Koefisien daya	<i>Tip speed ratio</i>
1A	0,593	0,535
2A	0,560	0,504
3A	0,529	0,477
1B	0,702	0,633
2B	0,649	0,584
3B	0,613	0,552
1C	0,618	0,556
2C	0,630	0,568
3C	0,597	0,538
1D	0,635	0,572
2D	0,614	0,553
3D	0,538	0,485

Berdasarkan tabel 4.3, nilai koefisien daya turbin berbeda antara percobaan satu dengan yang lain pada masing-masing kecepatan angin, untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. koefisien daya terhadap kecepatan angin.

Berdasarkan gambar 5 pada grafik percobaan A (diameter *end plate* 61 cm) menunjukkan koefisien daya yang paling rendah dari keempat percobaan dengan nilai koefisien daya 0,593 pada kecepatan angin 4 m/s, 0,56 pada kecepatan angin 4,8 m/s dan 0,529 pada

kecepatan angin 5,5 m/s. koefisien daya tertinggi didapatkan percobaan B (diameter *end plate* 76 cm) kecepatan angin 4 m/s sebesar 0,702 pada kecepatan angin 4,8 m/s sebesar 0,649 dan pada kecepatan angin 5,5 m/s sebesar 0,613. Pada percobaan C (diameter *end plate* 91 cm) mendapatkan nilai koefisien daya 0,618 pada kecepatan angin 4 m/s, namun mengalami peningkatan koefisien daya pada kecepatan angin 4,8 ms dengan nilai koefisien daya 0,63, dan terjadi penurunan kembali pada kecepatan angin 5,5 m/s menjadi 0,597. Percobaan D (diameter *end plate* atas 61 cm dan bawah 91 cm) mendapatkan nilai koefisien daya sebesar 0,635 pada kecepatan angin 4 m/s, dan 0,614 pada kecepatan angin 4,8 m/s, pada kecepatan angin 5,5 m/s nilai koefisien daya turun drastis dengan nilai 0,538.

Berdasarkan gambar 5 koefisien daya turbin pada penelitian ini cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kecepatan angin dari *stand fan*, hal tersebut merupakan hal yang normal karena koefisien daya akan menurun pada kecepatan angin tertentu sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh kamoji dkk. (2009). Selain akibat dari rugi-rugi aliran angin yang terbuang sia-sia, aliran angin yang dihasilkan *stand fan* pada kecepatan yang tinggi menjadi aliran yang bergerak secara acak dan tidak terprediksi (turbulen), dan sirkulasi angin saat melewati turbin menjadi faktor penurunan tersebut. Aliran angin pada saat melewati turbin yang dipengaruhi juga oleh *end plate* yang digunakan menjadikan perbedaan nilai koefisien daya pada masing-masing percobaan dan kecepatan angin yang diujikan [4].

Tip speed ratio merupakan perbandingan kecepatan putar ujung rotor (sudu) dengan kecepatan angin, berdasarkan tabel 6 nilai TSR mengalami penurunan seiring bertambahnya kecepatan angin yang disebabkan oleh rugi-rugi aliran angin yang tidak sempurna saat menghantam sudu turbin savonius heliks, rugi-rugi benda pejal yaitu tiang dan anemometer yang ditempatkan sejajar dengan turbin, diameter *stand fan* yang tidak sebesar tinggi turbin, dan faktor gaya aerodinamis yang dipengaruhi diameter *end plate* turbin.

B. Performa turbin setelah terintegrasi dengan generator.

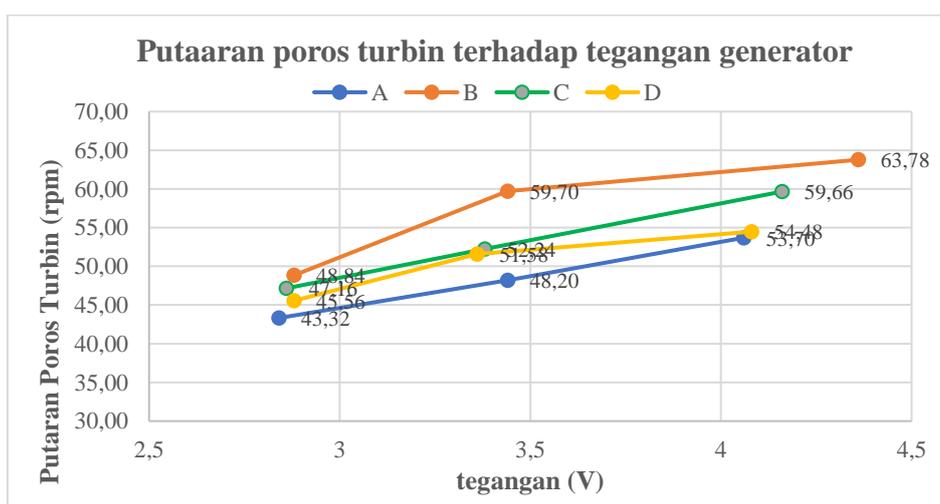
Pengukuran potaran poros turbin terhadap tegangan generator tanpa beban.

Berdasarkan tabel 5 perbedaan nilai rpm pada keempat percobaan dan dengan kecepatan angin yang berbeda menjadikan perbedaan *output* generator yang dihasilkan, hasil pengukuran nilai tegangan dicantumkan pada tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. hasil pengukuran putaran poros turbin dan tegangan generator.

No.	Percobaan	Putaran poros turbin (rpm)	Tegangan Generator (volt)
1A	A	43,32	2,84
2A		48,20	3,44
3A		53,70	4,06
1B	B	48,84	2,88
2B		59,70	3,44
3B		63,78	4,36
1C	C	47,16	2,86
2C		52,24	3,38
3C		59,66	4,16
1D	D	45,56	2,88
2D		51,58	3,36
3D		54,48	4,08

Berdasarkan tabel 7 perbedaan nilai putaran poros turbin (n) mengakibatkan perbedaan nilai *output* tegangan pada generator, semakin besar putaran generator yang dihasilkan tegangan keluaran pada generator juga bertambah besar, putaran poros turbin terbesar pada pada kecepatan angin 5,5 m/s diperoleh pada percobaan B, dengan nilai tegangan tertinggi 4,36 Volt, pada percobaan C yaitu 4,16 Volt, pada percobaan D yaitu 4,08 volt, dan pada percobaan A yaitu 4,06 volt. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Putaran poros turbin terhadap tegangan generator.

Pada gambar 6 putaran poros turbin pada semua percobaan mengalami penurunan dari sebelum terintegrasi dengan generator, yang disebabkan karena setelah terintegrasi dengan

generator beban turbin untuk berputar menjadi bertambah. Secara garis besar fungsi kecepatan angin terhadap putaran poros turbin pada gambar 6 itu sinkron dengan data pada gambar 4.

Pengukuran putaran poros turbin terhadap *output* generator dengan beban terpasang lampu DC.

Perbedaan nilai rpm dari keempat percobaan pada kecepatan angin yang berbeda berpegaruh terhadap *output* generator yang dihasilkan, hasil pengukuran nilai *output* generator dicantumkan pada tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. hasil pengukuran *output* generator dan putaran poros turbin.

No.	Output Generator			Putaran poros Turbin (rpm)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	
1A	2,55	0,014	0,035	41,20
2A	2,57	0,030	0,077	48,90
3A	2,60	0,048	0,124	52,70
1B	2,56	0,015	0,039	45,94
2B	2,60	0,032	0,084	55,30
3B	2,60	0,053	0,137	58,78
1C	2,55	0,015	0,038	41,64
2C	2,59	0,032	0,084	50,60
3C	2,60	0,052	0,136	53,00
1D	2,58	0,015	0,039	41,50
2D	2,60	0,030	0,079	48,96
3D	2,60	0,048	0,125	51,86

Nilai tegangan generator pada setiap percobaan dan pada masing-masing kecepatan angin relatif konstan dengan nilai 2,58 Volt. Nilai arus yang dihasilkan juga tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada masing-masing percobaan, pada kecepatan angin 4 m/s nilai arus pada percobaan A (diameter *end plate* 61 cm) adalah 0,014 A dan pada percobaan B (diameter *end plate* 76 cm), C (diameter *end plate* 91 cm) dan D (diameter *end plate* atas 61 cm dan bawah 91 cm) mendapatkan nilai arus 0,015 A. pada kecepatan angin 4,8 m/s percobaan A (diameter *end plate* 61 cm) dan D (diameter *end plate* atas 61 cm dan bawah 91 cm) mendapatkan arus 0,030 A, percobaan B (diameter *end plate* 76 cm / sama dengan diameter turbin) dan C (diameter *end plate* 91 cm) mendapatkan arus 0,032 A, pada kecepatan angin 5,5 m/s nilai arus tertinggi yaitu pada percobaan B dengan nilai 0,053 A sementara pada percobaan A dan B nilai arus yang didapatkan yaitu 0,048 A, dan pada percobaan C mendapatkan arus 0,052 A.

Putaran poros turbin pada tabel 8 juga mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tabel 7, karena dengan adanya beban lampu juga menambah beban turbin untuk berputar, namun jika dibandingkan antara daya turbin setelah terintegrasi dengan generator dan daya keluaran generator, perbandingannya sangat jauh sekali, hal tersebut dikarenakan efisiensi generator yang buruk.

KESIMPULAN

Diameter *end plate* memengaruhi gaya-gaya aerodinamis turbin juga aliran angin pada turbin, yang berpengaruh pada putaran poros dan koefisien daya turbin.

Percobaan dengan nilai putaran turbin dan koefisien daya yang maksimal pada tiap-tiap kecepatan angin adalah percobaan B (diameter *end plate* 76 cm / sama dengan diameter turbin) dengan 63,67 rpm dan koefisien daya 0,71 pada kecepatan angin 4 m/s.

Diameter *end plate* juga memengaruhi *output* generator, terutama pada nilai arus. Percobaan B mendapatkan *output* generator dengan arus tertinggi dari ke-empat percobaan yaitu 0,053 A, meskipun nilai selisihnya tidak terlalu signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- W. Yudha Santika, H. Saputra, and T. Rusianto, "Desain Dan Simulasi Turbin Angin Savonius Dengan Konfigurasi Rotor Tipe L Dan Tipe Helix Sebagai Sumber Listrik Lampu PJU Pelabuhan Perikanan Cikidang Pangandaran Jawa Barat," *J. Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 96–103, 2022, doi: 10.34151/jurtek.v15i2.3150.
- K. S. Jeon, J. I. Jeong, J. K. Pan, and K. W. Ryu, "Effects of end plates with various shapes and sizes on helical Savonius wind turbines," *Renew. Energy*, vol. 79, no. 1, pp. 167–176, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2014.11.035.
- Bambang Sulaksono, "Perancangan Sudu Tangkap Terhadap Variasi Kecepatan Angin Pada Turbin Angin," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 1–7, 2019, doi: 10.35814/teknobiz.v9i2.498.
- M. A. Kamoji, S. B. Kedare, and S. V. Prabhu, "Performance tests on helical Savonius rotors," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 3, pp. 521–529, 2009, doi: 10.1016/j.renene.2008.06.002.
- R. Haryanto, "Simulasi Dan Eksperimental Kinerja Kincir Angin Savonius Dengan Sudu Berventilasi," *Int. J. Renew. energy Res.*, vol. 6, 2018.

- D. Supriyatna, “Analysis of Power Efficiency Produced by AC and DC Generators: A Literature Review,” *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 261–268, 2023, doi: 10.46574/motivection.v5i2.211.