



Jurnal Artikel

**Pengaruh Variasi Jumlah Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal Dengan Airfoil AG 12 Terhadap Daya**

**Deka Rama Ligustian , Oktarina Heriyani 2\*, Dan Mugisidi**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof.Dr.HAMKA, Indonesia, Jakarta Timur 13830

\*Corresponding author – Email : [oktarina@uhamka.ac.id](mailto:oktarina@uhamka.ac.id)

Artikel Info - : Received : 26 Feb 2023; Revised : 15 March 2023; Accepted: 20 March 2023

**Abstrak**

**Background:** Pembangkit listrik tenaga angin adalah pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) yang memanfaatkan putaran turbin angin untuk mengkonversi energi angin ke energi listrik. Salah satu modifikasi turbin angin yang dilakukan adalah memvariasikan jumlah bilah. Hasil variasi jumlah bilah diharapkan mampu meningkatkan efisiensi turbin angin pada kecepatan tertentu. Pada penelitian ini akan dilakukan variasi jumlah bilah 3, 4 dan 5 dengan airfoil AG 12 dibantu aplikasi Q-Blade untuk simulasi dan mengetahui hasil perhitungan dalam bentuk grafik. Variasi dilakukan pada kecepatan angin minimum 2 m/s sampai kecepatan angin maksimal 12 m/s. Dengan rencana daya dibangkitkan 500 watt dengan asumsi putaran turbin 400 rpm, menggunakan turbin angin sumbu horizontal(TASH). Dengan kecepatan angin minimum 2 m/s, pada variasi jumlah bilah 3, 4 dan 5 belum mampu membangkitkan daya di karenakan faktor putaran turbin yang terlalu cepat pada kecepatan angin rendah, sedangkan pada kecepatan angin maksimal 12 m/s daya yang di bangkitkan oleh ketiga variasi bilah 3, 4, dan 5 mampu memenuhi kapasitas daya yang di rencanakan yaitu 500 watt. Efisiensi tertinggi di dapat pada variasi bilah 4 dengan 0,453 pada kecepatan angin 8 dengan daya 300,37 watt, kemudian 0,37 pada variasi 3 bilah pada kecepatan 7 m/s dengan daya 164,28 watt, pada variasi bilah 5 efisiensi tertinggi ada di angka 0,29 pada kecepatan angin 10 m/s dengan daya 409,14 watt.

**Kata kunci:** Turbin angin, Variasi jumlah bilah, daya, efisiensi.

**Abstract**

**Background:** Wind power plant is a new renewable energy, power plant that utilizes wind turbine rotation to convert wind energy into electrical energy. One of the modifications to the wind turbine that is done is to vary the number of blades. The results of variations in the number of blades are expected to increase the efficiency of wind turbines at certain speeds. In this research, we will vary the number of blades 3, 4 and 5 with an AG 12 airfoil assisted by the Q-Blade application for simulation and find out the results of calculations in graphical form. Variations are made at a minimum wind speed of 2 m/s to a maximum wind speed of 12 m/s. With a planned power coating of 500 watts assuming a turbine rotation of 400 rpm, using a horizontal axis wind turbine (TASH). With a minimum wind speed of 2 m/s, the variations in the number of blades 3, 4 and 5 have not been able to generate power because the turbine rotation factor is too fast at low wind speeds, while at a maximum wind speed of 12 m/s the power generated by the three blade variations 3, 4, and 5 are able to meet the planned power capacity of 500 watts. The highest efficiency is obtained in the variation of blade 4 with 0.453 at wind speed 8 with a power of 300.37 watts, then 0.37 in the variation of 3 blades at a speed of 7 m/s with a power of 164.28 watts, in the variation of blade 5 the highest efficiency is in the figure is 0.29 at a wind speed of 10 m/s with a power of 409.14 watts.

**Keywords:** Wind turbine, Variation in the number of blades, power, efficiency



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

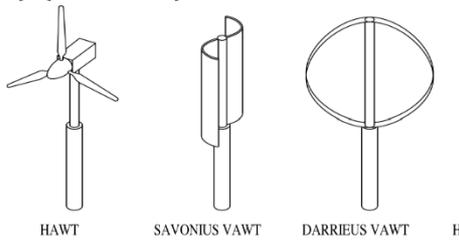
**Pendahuluan**

Angin adalah sumber daya alam ini tidak akan habis. Berbeda sekali dengan sumber daya alam yang berasal dari fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Indonesia

adalah negara tropis dengan banyak potensi angin, tetapi sampai sekarang tenaga angin semacam ini masih langka untuk digunakan sebagai energi. (Sudut et al., 2015).

Pemanfaatan angin sebenarnya sudah ada dan dikembangkan dari zaman dulu khususnya di negara-negara barat untuk membantu proses pemompaan air, penggilingan, dan lain lain. Namun, seiring dengan perkembangan zaman energi angin banyak digunakan, salah satunya dengan mengkonversikan menjadi listrik, dengan alat yang di sebut turbin angin.(Anggita Dewita, Ahmad Shirat Abu Bakar, 2015).

Energi angin yang memutar bilah turbin digunakan untuk menggerakkan poros pada generator, yang menghasilkan listrik. Terdapat dua jenis turbin angin, yaitu sumbu horizontal (horizontal axis) dan sumbu vertikal (vertical axis), (Latif, 2018).



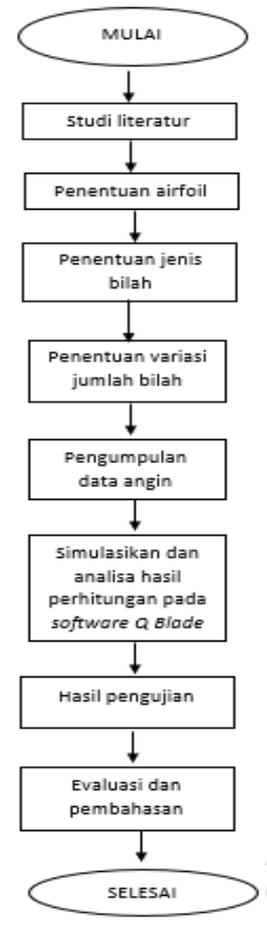
Gambar.1 jenis jenis turbin angin

Dalam mengkonversikan energi kinetik angin hingga berubah menjadi energi listrik melalui suatu proses sistem kerja yang sangat berurutan antara komponen-komponen turbin satu sama yang lainnya, (Latif, 2018). Dalam turbin angin ada beberapa komponen inti salah satunya yaitu bilah yang merupakan komponen penting dalam turbin angin yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Bilah juga merupakan komponen awal dan terkena terpaan angin yang dapat menyerap energi mekanik dan di teruskan kepada generator. (Sudarma et al., 2020).

Efisiensi adalah sebuah parameter untuk menilai keberhasilan suatu kegiatan berdasarkan penggunaan sumber daya dalam mencapai hasil yang diinginkan, (Agustian et al., 2018)

Daya yang dibangkitkan oleh variasi 7 bilah menghasilkan daya lebih besar dari jumlah bilah menurut penelitian (Ahmad Yani et al., n.d.) .Hasil penelitian (Ridwan et al., n.d.), menggunakan turbin angin tipe Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT), efisiensi bisa ditingkatkan salah satunya dengan ditambahkan jumlah sudu pada kincir angin. Koefisien daya yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah daya yang dihasilkan, sehingga untuk mendapatkan jumlah daya tertentu cukup dengan menggunakan jumlah kincir angin yang lebih sedikit

## Metode



Gambar 2. Diagram alir

### 2.2 Metode simulasi

Dalam proses yang dipakai pada penelitian ini dipakai dua software yaitu QBlade untuk simulasi dan pengambilan data dan digunakan untuk mendesign jenis bilah yang akan di gunakan. Untuk memulai simulasi menggunakan software terlebih dahulu diperlukan parameter bilah yang akan di simulasikan, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter bilah

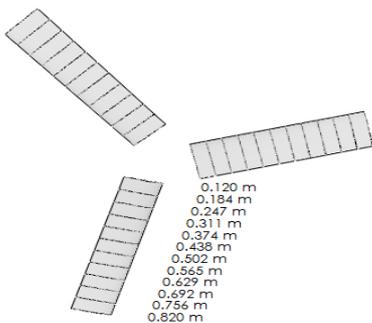
Nama	Keterangan
Bilangan <i>reynold</i>	652608,21
Jenis <i>airfoil</i>	AG 12
Jenis bilah	<i>Taperles</i>
Jumlah bilah	3,4,5
Jumlah elemen	11
Lebar <i>chord</i> (Cr)	0,17 m
<i>Hub radius</i>	0,17 m

<i>V cut-in</i>	2 m/s
<i>V cut-cut</i>	12 m/s
<i>RPM</i>	400

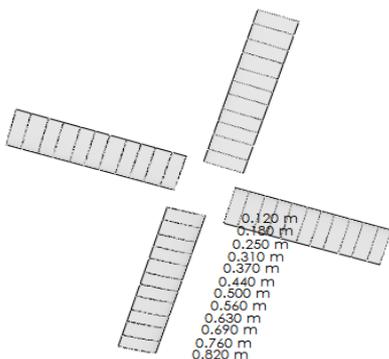
Langkah selanjutnya adalah membagi bilah menjadi beberapa elemen. Dalam hal ini bilah di bagi menjadi 11 elemen dari elemen ke-0 sampai ke-10. Parameter yang digunakan dalam simulasi merupakan parameter yang sudah dihitung sebelumnya dengan cara menggunakan rumus yang ada di atas. Setelah itu dilakukan simulasi dengan metode BEM untuk mendapatkan parameter pada bilah turbin angin. Diperoleh parameter simulasi sebagai berikut:

**Tabel 2.** Parameter simulasi

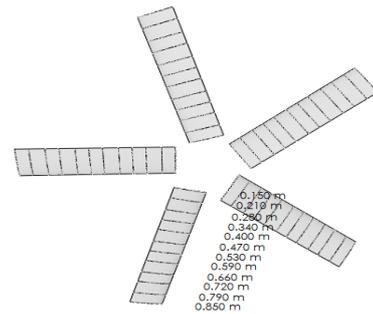
Elemen	Jari jari (m)	Chord (m)	Twist 75%			Airfoil
			3 bilah	4 bilah	5 bilah	
0	0,06		7,92	10,74	18,47	
1	0,127		7,00	10,71	18,41	
2	0,191		6,09	10,67	18,36	
3	0,254		5,17	10,64	18,30	
4	0,318	0,17	4,25	10,61	18,24	
5	0,382		3,33	10,58	18,19	AG 12
6	0,445		2,42	10,55	18,13	
7	0,509		1,50	10,52	18,07	
8	0,572		0,58	10,48	18,02	
9	0,636		-0,33	10,45	17,96	
10	0,700		1,25	10,42	17,90	



**Gambar 3.** Model 3 bilah turbin angin



**Gambar 4.** Model 4 bilah



**Gambar 5.** Model 5 bilah

Selanjutnya yaitu mencari estimasi daya yang akan dibangkitkan, pada hal ini daya yang akan di bangkitkan yaitu 500 watt. Setelah nilai estimasi di dapatkan maka langkah berikutnya menghitung efisiensi sistem dengan persamaan berikut

$$\eta_{sistem} = \eta_{bilah} \times \eta_{transmisi} \times \eta_{generator} \times \eta_{controller}$$

Untuk menentukan nilai daya angin (mekanik) yang diperlukan, masing masing efisiensi sistem dibagi dengan daya turbin menggunakan rumus persamaan:

$$P_{angin} = \frac{P_{turbin}}{\eta_{sistem}}$$

Selanjutnya mencari nilai luas penampang. Dalam penelitian kali ini kecepatan angin maksimum yang di gunakan yaitu 12 m/s. Maka untuk mencari luas sapuan digunakan rumus mencari daya mekanik maka persamaannya adalah:

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Karena luas penampang yang di cari, kemudian  $P_{angin}$  sudah di hitung sebelumnya, maka luas penampang di hitung menggunakan rumus (nursuhud, 2008):

$$A = \frac{2 \times P_{angin}}{\rho \times v^3}$$

Dimana

$$\rho = 1,225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$V = 12 \text{ m/s}$$

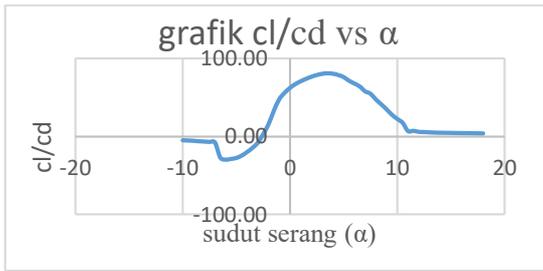
Luas sapuan sudah diketahui, langkah selanjutnya yaitu menghitung jari - jari bilah untuk masing - masing luas sapuan menggunakan rumus persamaan: (nursuhud, 2008)

$$A = \pi \times r^2$$

Maka untuk mencari r yaitu

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

Mencari gaya angkat dan dorong ( $C_L / C_D$  vs  $\alpha$ ), dengan mensimulasikan *airfoil* di qblade. Hasil simulasi terlihat pada gambar 4.



**Gambar 6.** Grafik  $C_L/C_D$  vs  $\alpha$

Berdasarkan gambar 4.1 hasil simulasi karakteristik airfoil jenis AG 12 mendapat nilai tertinggi pada angka 81,17 pada sudut pitch 3,5°.

Selanjutnya menghitung nilai TSR. Untuk menghitung TSR, perlu diketahui terlebih dahulu nilai dari luas sapuan. Setelah diketahui TSR dapat dihitung menggunakan persamaan, (Azam, 2021).

$$\lambda = \frac{3.14 \times D \times n}{60 \times v}$$

dimana:

$\lambda$ = Tip speed ratio

D= Diameter rotor (m)

n= Rpm

v= Kecepatan angin (m/s)

Setelah di dapat kemudian menghitung TSR parsial ( $\lambda_r$ )

$$\lambda_r = \frac{r}{R} \times \lambda_R$$

dimana:

$\lambda_r$ = TSR parsial

r = Jari - jari parsial (m)

R = Jari - jari bilah (m)

$\lambda_R$ = TSR yang digunakan

Menghitung koefisien gaya angkat, setelah mendapatkan nilai TSR parsial

$$cl = \frac{16 \pi \times R \times \frac{R}{r}}{9\lambda^2 \times B \times Cr}$$

Dimana:

Cl = Koefisien gaya angkat

R = Jari - jari bilah (m)

r = Jari - jari parsial (m)

B = Jumlah bilah

Cr = Lebar chord yang digunakan

Menghitung flow angle ( $\phi$ )

$$\phi = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda_r}$$

Dimana:

$\phi$  = Flow angle

$\lambda_r$  = TSR parsial

Menghitung nilai twist ( $\beta$ )

$$\beta = \phi - \alpha$$

dimana:

$\beta$  = Twist

$\phi$  = Flow angle

$\alpha$  = Nilai alpha dari softwarei Q blade

Menentukan twist linier 75%

Rumus yang digunakan untuk menentukan twist linier 75% baru ini adalah dengan membuat grafik perbandingan antar twist ( $\beta$ ) dengan  $\lambda r$  dan ditimpa nilai twist linier.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 3.** spesifikasi hasil perhitungan

No	Spesifikasi turbin	Nilai
1.	Kapsaitas daya listrik	500 watt
2.	Efisiensi turbin	0,21
3.	pangin	2286,24 watt
4.	Luas sapuan	2,16 m <sup>2</sup>
5.	Jari jari	0,82 m
6.	Tsr	3,76
7.	Cl 3 bilah elemen 0	6,22
	Cl 4 bilah elemen 0	4,66
	Cl 5 bilah elemen 0	3,73
8.	Sudut alir	47,54
9.	Twist 3, 4, 5 bilah elemen 0	37,54

Selanjutnya adalah menghitung nilai twist linear 75%, hasil dari perhitungan twist dapat di lihat dari tabel 2.

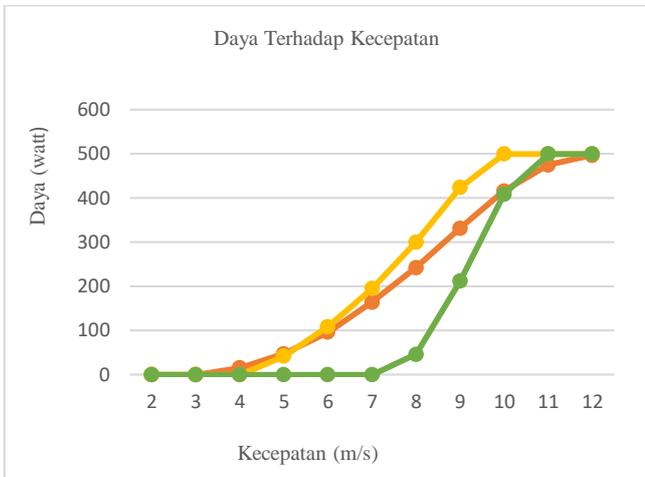
**Tabel 2.** perhitungan twist linear pada tiap elemen

Elemen	Nilai Twist linear 75%		
	3	4	5
0	7,92	10,74	18,47
1	7,00	10,71	18,41
2	6,09	10,67	18,36
3	5,17	10,64	18,30
4	4,25	10,61	18,24
5	3,33	10,58	18,19
6	2,42	10,55	18,13
7	1,50	10,52	18,07
8	0,58	10,48	18,02
9	-0,33	10,45	17,96
10	-1,25	10,42	17,90

selanjutnya adalah memasukan nilai tabel 2. Ke software qblade, untuk selanjutnya di lakukan simulasi. Dengan mencari nilai pengaruh kecepatan terhadap daya, kecepatan

terhadap koefisien *power* dan koefisien *power* terhadap daya.

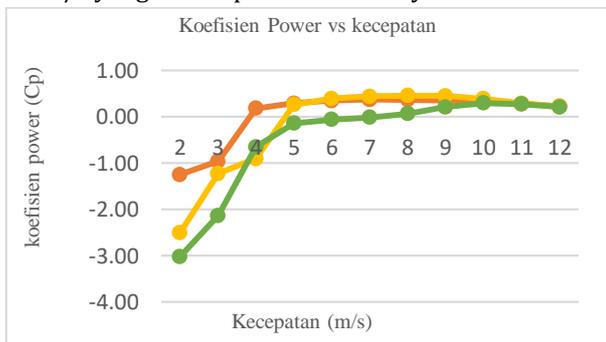
Berdasarkan hasil simulasi didapatkan hasil seperti di bawah



**Gambar 7.** Grafik kecepatan terhadap daya

pada kecepatan angin minimum 2 turbin angin variasi 3 (di tandai dengan garis berwarna merah), variasi 4 bilah (garis berwarna merah) dan variasi bilah 5 (garis berwarna hijau). Turbin angin belum mampu menghasilkan daya, dikarenakan rpm yang terlalu tinggi pada kecepatan angin rendah. Variasi 3 bilah baru berhasil mendapatkan daya pada kecepatan angin 4 dengan keluaran daya sebesar 15,5 watt. Sedangkan pada variasi bilah 4 daya baru bisa dibangkitkan pada kecepatan angin 5 m/s dengan keluaran daya sebesar 41,59 watt. Namun pada variasi bilah 5, daya yang pertama kali didapatkan pada kecepatan angin 8 m/s dengan keluaran daya sebesar 46,28 watt.

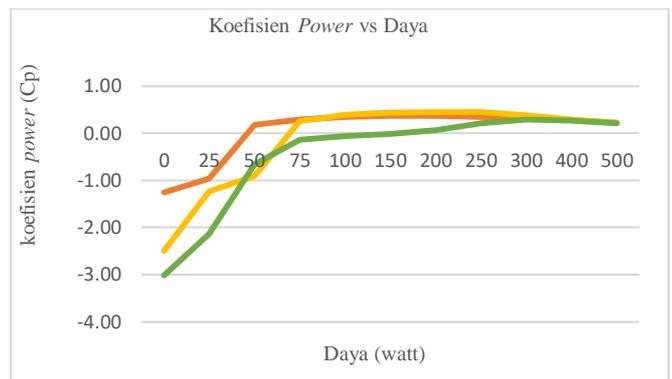
Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwa daya keluaran turbin semakin meningkat seiring dengan kecepatan angin yang semakin cepat. Sampai pada kecepatan angin maksimal 12 m/s yang mendapat keluaran daya sebesar 500 watt.



**Gambar 8.** koefisien power vs kecepatan

grafik hasil simulasi diatas menunjukkan pengaruh kecepatan terhadap koefisien power. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa variasi 3 bilah pada kecepatan minimal 2 m/s mendapatkan nilai koefisien power sebesar -1,25, pada variasi 4 bilah mendapat angka -2,5, sedangkan pada variasi 5 bilah mendapatkan angka -3,02. Koefisien power tertinggi

terdapat pada variasi bilah 4 dengan 0,453 pada kecepatan angin 8 m/s, disusul dengan variasi 3 bilah yaitu 0,37 pada kecepatan angin 7 m/s, dan terakhir pada variasi bilah 5 dengan koefisien power tertinggi pada kecepatan 10 m/s dengan nilai koefisien power yaitu 0,29. Sementara itu pada kecepatan maksimal 12 m/s, koefisien power yang didapat pada variasi 3 dan 4 bilah adalah 0,22, sedangkan pada variasi 5 bilah mendapat nilai lebih kecil sedikit yaitu 0,21. Dapat disimpulkan bahwa tiap tiap variasi bilah memiliki koefisien power yang berbeda beda tergantung kondisi kecepatan angin, serta rpm yang dapat menyesuaikan dengan kecepatan angin.



**Gambar 9.** koefisien power vs daya

Dapat terlihat bahwa nilai koefisien power terendah berada pada variasi 5 bilah dengan nilai 3,02, dan belum mampu membangkitkan daya. Bilah baru mampu membangkitkan daya ketika nilai koefisien power baru menyentuh nilai positif, seperti pada variasi 3 bilah yang mendapatkan nilai positif pertama diangka 0,18 dengan keluaran daya 15,15 watt. Pada variasi 4 bilah baru mendapat nilai positif pada angka 0,26 dengan keluaran daya sebesar 41,95 watt. Sedangkan pada variasi 5 bilah mendapat nilai 0,07 dengan keluaran daya sebesar 46,28 watt.

Agar mempermudah untuk menganalisa bagaimana performa tiap tiap variasi bilah, bagaimana keluaran daya dari tiap tiap kecepatan, serta bagaimana angin dapat berpengaruh terhadap efisiensi atau koefisien power. Maka di perlukan sebuah tabel yang dapat melihat data tersebut agar mudah dalam menganalisa.

**Tabel 5.** Hasil simulasi koefisien power, daya

Kecepatan (m/s)	Variasi jumlah bilah						RPM
	3		4		5		
	koefisien <i>power</i>	Daya (watt)	koefisien <i>power</i>	Daya (watt)	koefisien <i>power</i>	Daya (watt)	
2	-1,25	0	-2,50	0	-3,02	0	
3	-0,96	0	-1,23	0	-2,13	0	
4	0,18	15,15	-0,91	0	-0,65	0	
5	0,29	47,16	0,26	41,95	-0,14	0	
6	0,34	96,36	0,39	109,00	-0,06	0	
7	0,370	164,28	0,44	195,37	-0,02	0	
8	0,366	242,48	0,453	300,37	0,07	46,28	400
9	0,35	331,91	0,450	424,16	0,21	212,09	
10	0,32	416,04	0,39	500,00	0,29	409,14	
11	0,28	475,56	0,29	500,00	0,27	500,00	
12	0,22	500	0,22	500,00	0,21	500,00	

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh variasi jumlah bilah turbin angin sumbu horizontal dengan airfoil ag 12 terhadap daya, dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Variasi jumlah bilah dapat berpengaruh terhadap efisiensi dan daya, jumlah nilai efisiensi tertinggi yaitu 0,453 pada variasi 4 bilah, dengan daya yang didapatkan 300,47 watt pada kecepatan angin 8 m/s.
2. Daya dipengaruhi oleh kecepatan angin, semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar daya yang bisa didapatkan oleh bilah. Berdasarkan penelitian, daya terbesar yang didapat oleh masing masing variasi bilah yaitu 500 watt pada kecepatan angin maksimal 12 m/s. Variasi 4 bilah sudah dapat memenuhi kebutuhan daya pada kecepatan angin 10 m/s.

#### Referensi

- Agustian, S., Saputra, & Satria, F. (2018). Analisa Pengaruh Putaran Blade Dan Arah Sudut Serang Terhadap Koefisien Drag Dan Lift Pada Model Prototype Airfoil Naca 0012 Dengan Menggunakan Alat Uji Wind Tunnel Open Circuit Untuk Sarana Laboratorium Fluida. *Teknik Mesin*, c, 1–2
- Ahmad Yani, R., Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, D., Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro, D., Kunci, K., Angin, E., Angin, T., & Kecepatan Angin, P. (n.d.). ANALISA EFISIENSI TURBIN ANGIN BERDASARKAN VARIASI JUMLAH SUDU DI LABORATORIUM TEKNIK LISTRIK POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.
- Anggita Dewita, Ahmad Shirat Abu Bakar, K. D. (2015). Pemanfaatan Wrf-Arw Untuk Simulasi Potensi Angin Sebagai Sumber Energi Di Teluk Bone. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 05(02), 17–23.
- Atmajaya, T. (n.d.). INSTITUT TEKNOLOGI PLN THE EFFECT OF AMOUNT VARIATION ON HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE POWER.
- Azam. (2021). Rancang Bangun Bilah Horizontal Axis Wind
- Sudarma, A. F., Kholil, M., Subekti, S., & Almahdy, I. (2020). The Effect of Blade Number on Small Horizontal Axis Wind Turbine ( HAWT ) Performance : An Experimental and Numerical Study. 11(12).
- Nursuhud, A. P. (2008). Mesin konversi energi. yogyakarta.
- Ridwan, M., Nuhasanah, R., & Atmajaya, T. (n.d.). Uji Kinerja Hubungan Variasi Bilah Terhadap Daya Turbin Angin Pada Sumbu Horizontal
- Sudut, D. A. N., Sudu, K., Terhadap, P., Kerja, U., Mara, I. M., Wiratama, I. K., Teknik, J., Universitas, M. F. T., Majapahit, J., Mataram, N., & Barat, N. T. (2015). Pengaruh variasi. 1–7.

**Note:** Penulisan pustaka menggunakan **Mendeley** atau **EndNote** dengan *APA style 7 edition*.