

## Analisa Daya Turbin Angin Sumbu Horizontal Profil NACA 0015 Dengan Variasi Jumlah *Blade*

Pranoto<sup>1</sup>, Ali Akbar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: \*<sup>1</sup>[pranotojoyokusuma1234@gmail.com](mailto:pranotojoyokusuma1234@gmail.com).

**Abstrak** – *Kebutuhan energi sangat besar di negara ini, khususnya kebutuhan energi listrik. Banyak sekali energi alternatif di alam yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik tetapi pemanfaatannya belum maksimal, terutama energi angin. Untuk mengubah energi angin menjadi listrik perlu digunakan alat, yaitu turbin angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah blade terhadap daya (watt) turbin angin sumbu horizontal profil NACA 0015. Sehingga nantinya dapat diketahui jumlah blade yang menghasilkan daya paling tinggi. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dan teknik penelitian eksperimental. Sampel dalam penelitian ini adalah turbin angin sumbu horizontal profil NACA 0015 dengan panjang blade 75 cm, lebar blade 15 cm, dan sudut 10 derajat. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan ANOVA dengan software minitab 17. Hasil penelitian variasi jumlah blade terhadap daya listrik turbin angin sumbu horizontal sesuai hasil anova p-value > 0,05 untuk hasil pengujian menunjukkan 3 blade menghasilkan rata rata daya listrik yang paling tinggi dibandingkan jumlah blade lainnya dengan hasil sebesar 1,0203 Watt. Sehingga dapat disimpulkan variasi jumlah blade berpengaruh terhadap daya listrik. Saran dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil daya listrik yang paling tinggi gunakan jumlah blade yang sesuai kecepatan angin dengan sudut dan lebar blade yang seimbang.*

**Kata Kunci** – *Daya, jumlah blade, profil NACA, turbin angin*

### 1. PENDAHULUAN

Banyak sekali energi alternatif yang ada di alam yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Salah satu contoh adalah energi angin, karena angin terdapat dimana-mana sehingga mudah didapat serta tidak membutuhkan biaya yang cukup besar. Energi listrik tidak dapat dihasilkan langsung oleh alam, maka dari itu dibutuhkan alat yang dapat bekerja dan menghasilkan energi listrik. Turbin angin mampu meningkatkan jumlah watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt yang maksimal perlu dilakukan penambahan jumlah blade pada turbin angin [1].

Dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah *blade* terhadap daya turbin angin sumbu horizontal profil NACA 0015.

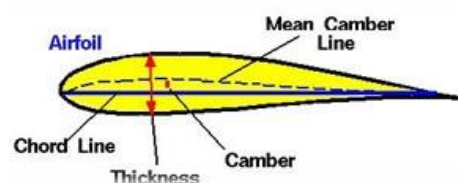
Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah yang bertekanan udara lebih rendah. Energi angin adalah salah satu jenis sumber energi terbarukan yang potensial untuk menghasilkan energi listrik maupun mekanik melalui proses konversi, yaitu konversi ke mekanik dan selanjutnya ke listrik [2].

Generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel

lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain [3].

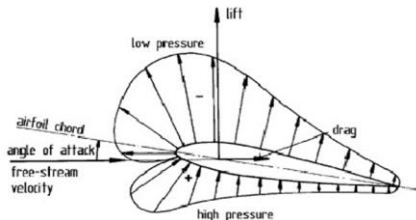
Dalam pengembangan dan pemanfaatannya, *blade* memiliki bentuk, ukuran, serta berat yang berbeda-beda sesuai dengan pemakaian atau fungsinya. Pemilihan *blade* pada kincir angin perlu diperhatikan bentuk dan sudut masuk datangnya angin karena besarnya tenaga atau daya yang dihasilkan kincir angin sangat tergantung pada interaksi antara blade, poros dan angin. *Blade* ada dua macam, yaitu *Blade* datar dan *Blade airfoil* [3].

*Airfoil* NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu dapat dilihat pada gambar 1 [4].



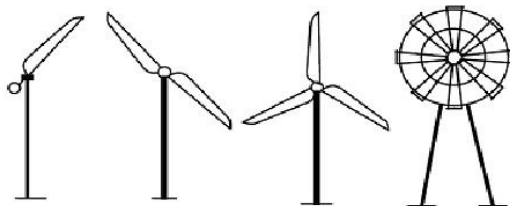
Gambar 1. NACA Airfoil Geometry

Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya paralel terhadap permukaan tanah. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin angin sumbu horizontal mengalami gaya *lift* dan gaya *drag*, namun gaya *lift* jauh lebih besar dari gaya *drag* sehingga rotor turbin ini lebih dikenal dengan rotor turbin *lift*, seperti terlihat pada gambar 2 [4].



Gambar 2. Gaya Aerodinamis Rotor Turbin Angin

Dilihat dari jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi atas : Turbin angin satu sudu (*single blade*), turbin angin dua sudu (*double blade*), turbin angin tiga sudu (*three blade*), dan turbin angin banyak sudu (*multi blade*) terlihat pada gambar 3 [5].



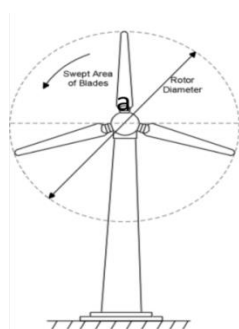
Gambar 3. Turbin Angin berdasarkan Jumlah Sudu

Suatu rotor kincir dapat menghasilkan daya dari angin karena rotor tersebut menurunkan kecepatan angin tidak terlalu banyak maupun tidak terlalu rendah, persamaan dapat dilihat pada persamaan 1.

$$P = Q \cdot \omega \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, Q adalah Torsi,  $\omega$  adalah Kecepatan angular (rad/s), P adalah Daya (Watt).

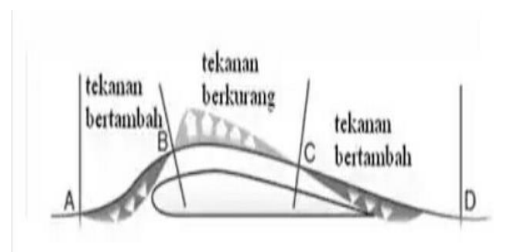
Perbandingan antara jumlah sudu dengan luas sapuan total, beberapa contoh turbin dengan soliditas rendah maupun soliditas tinggi terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Soliditas turbin angin

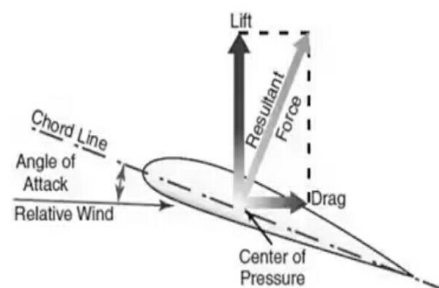
Soliditas sapuan terhadap airfoil mempunyai Momentum resistansi dari sebuah benda yang bergerak ketika arah dan besar gerakannya diubah [6].

Terlihat ketika partikel udara bergerak dengan arah melengkung AB, gaya sentrifugal cenderung membuangnya ke arah panah antara A dan B, sehingga menyebabkan udara untuk mendesak lebih dari tekanan normal di leading edge-nya airfoil. Tapi setelah partikel udara melewati titik B (titik berbalik arah dari arah lengkungan/kurva) gaya sentrifugal cenderung untuk membuang partikel pada arah panah antara B dan C (menyebabkan berkurangnya tekanan pada airfoil). Efek ini berlaku sampai partikel udara mencapai titik C, titik kedua berbalik arah dari lengkungan aliran udara. Kembali lagi, gaya sentrifugal dibalikkan dan partikel udara cenderung untuk memberi sedikit lebih tekanan dari normal pada trailing edge dari airfoil tersebut, sebagaimana digambarkan dengan panah pendek antara C dan D [3].



Gambar 5. Momentum Mempengaruhi Aliran Udara Pada Airfoil

Keseimbangan aerodinamis dan kemampuan kendali diatur oleh perbedaan dari pusat tekanan. Pusat tekanan ditentukan oleh perhitungan dan percobaan di terowongan angin dengan cara memberikan angle of attack yang berbeda-beda pada airfoil di sepanjang jangkauan kerja normal. Pada waktu *angle of attack* diubah, karakteristik penyebaran tekanan juga berubah. Gaya tekanan positif (+) dan negatif (-) dijumlahkan pada setiap nilai angle of attack dan didapat resultan hasilnya. Total resultan tekanan diperlihatkan oleh vektor resultan gaya pada gambar 6 [3].



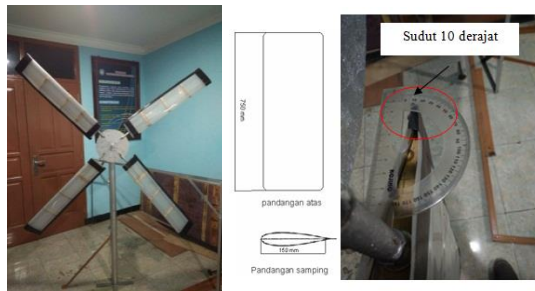
Gambar 6. Gaya Pada Airfoil

## 2. METODE PENELITIAN

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif, karena penelitian ini dengan

angka-angka. Teknik penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik eksperimental. Populasi dari penelitian ini adalah Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH).

Sampel dalam penelitian ini adalah Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) dengan desain *blade* profil NACA 0015 (*National Advisory Committee for Aeronautics*) dengan panjang *blade* 75 cm, lebar *blade* 15 cm, dan sudut *blade* 10 derajat. Terdapat 3 variasi jumlah *blade* yaitu jumlah *blade* 3, jumlah *blade* 4, dan jumlah *blade* 5.



Gambar 7. *Blade* Profil NACA 0015 Sudut *Blade*

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari hasil observasi dan pengujian langsung turbin angin sumbu horizontal (TASH) profil NACA 0015 menggunakan jumlah *blade* 3, 4, dan 5 pengambilan data dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengambilan Data Pengujian

Jumlah Blade	Pengujian	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
3 Blade	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
4 Blade	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
5 Blade	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

Adapun langkah pengumpulam data dilakukan persiapan, pelaksanaan, tahap pengambilan data Turbin angin dengan 3,4 dan 5 blade diatur secara bergantian dihubungkan dengan *alternator*, lalu dipasang *multimeter digital*. Turbin dijalankan sampai putarannya stabil dan dilakukan pengambilan data. Angin dibuat dengan memasang blower dengan kecepatan angin yang sudah di tentukan. Pengambilan data turbin angin dari 3 blade ke 4 blade lalu ke 5 blade dilakukan sebanyak lima kali

dengan pengambilan data voltase (V) , arus (I) dan (watt) yang dihasilkan turbin terlihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pengambilan Volt, Arus dan Tegangan

Prosedur analisis data dalam penelitian ini dilakukan dalam tahapan sebagai berikut. Data yang telah diperoleh di lapangan diidentifikasi dipilih-pilih sesuai dengan fokus masalah. Menyusun data-data yang diperoleh sehingga lebih mudah untuk dipahami, penulis menyajikan hasil penyusunan data dengan cara mendiskripsikan hasil observasi penulis dan menggambarkan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan aplikasi *microsoft excel*. Data-data yang telah penulis susun kemudian dianalisis menggunakan ANOVA taraf signifikan 0,05 atau 5 % dengan *software mini tab 17* sehingga diperoleh kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah pada penelitian ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen dapat diketahui dengan beberapa uji sehingga sebelum masuk hasil uji perlu diketahui dulu deskripsi hasil data pada setiap variabel.

#### 3.1 Deskripsi Hasil Data Variabel

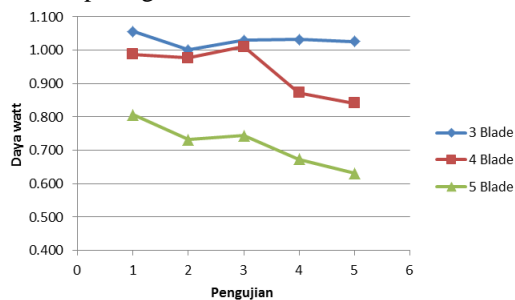
Variabel data dalam penelitian ini adalah daya yang dihasilkan turbin angin dalam satuan watt. Dimana pengukuran menggunakan alat ukur *avometer* yg disambungkan menuju dinamo pada turbin sehingga mampu menghasilkan daya (watt) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil data pengujian Turbin Angin

Jumlah Blade	Pengujian	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (watt)
3 Blade	1	0,22	4,8	1,056
	2	0,23	4,35	1,00
	3	0,235	4,4	1,029
	4	0,215	4,8	1,032
	5	0,213	4,82	1,026
4 Blade	1	0,235	4,2	0,987
	2	0,21	4,65	0,976
	3	0,215	4,7	1,010
	4	0,21	4,15	0,8715
	5	0,205	4,1	0,8405
5 Blade	1	0,185	4,36	0,806
	2	0,17	4,3	0,731
	3	0,175	4,25	0,743
	4	0,16	4,21	0,673

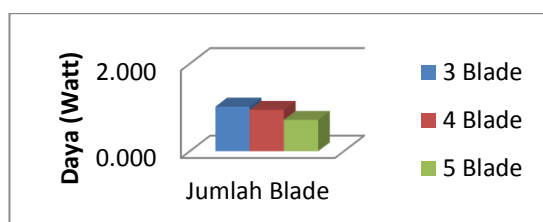
	5	0,145	4,35	0,6307
--	---	-------	------	--------

Dari tabel 2 dapat dibuat grafik untuk hasil output daya dari pengukuran menggunakan avometer pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hasil Data Turbin Angin

Dari hasil gambar grafik 9 menunjukkan tegangan tertinggi pada 3 blade kemudian terendah 5 blade. hasil pengujian ini dilakukan sebanyak 5 pengulangan sehingga dari setiap blade dapat diketahui seberapa besar tegangan yang dikeluarkan. Untuk hasil rata-rata daya dapat dilihat pada gambar 10.

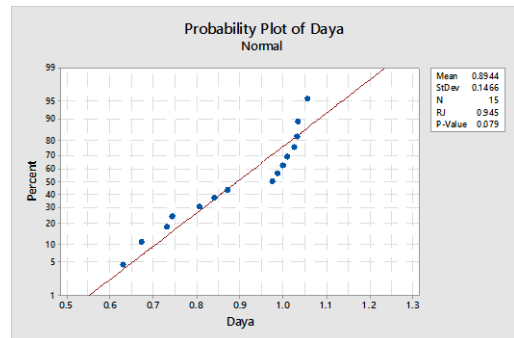


Gambar 10. Hasil Rata – Rata Pengujian Daya

Dari hasil rata rata dapat dijelaskan kerapatan antara blade satu dengan yang lainnya juga akan mempengaruhi putaran turbin semakin dekat jarak blade dengan blade yang lain akan mempengaruhi jumlah blade penangkap angin nya maka putaran turbin semakin meningkat.

### 3.2 Analisa Data

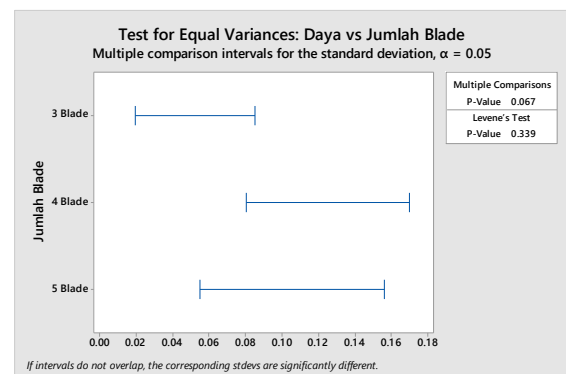
Prosedur analisa data terlebih dahulu perlu diuji dengan uji metode normalitas, homogenitas dan uji independen untuk mengetahui apakah data variabel dalam keadaan baik atau tidak. Pertama Uji kenormalan residual dilakukan dengan menggunakan Uji *Ryan-Joiner* yang terdapat pada program *Minitab* 17.



Gambar 11. Hasil Plot uji normalitas

$H_0$  ditolak jika  $p$ -value lebih kecil daripada  $\alpha = 0.05$  atau  $H_0$  diterima jika  $p$ -value lebih dari  $\alpha = 0.05$ . Gambar 9 menunjukkan hasil  $p$ -value sebesar 0.079 untuk hasil daya, sehingga dapat disimpulkan *output* daya memenuhi dari syarat residual berdistribusi normal.

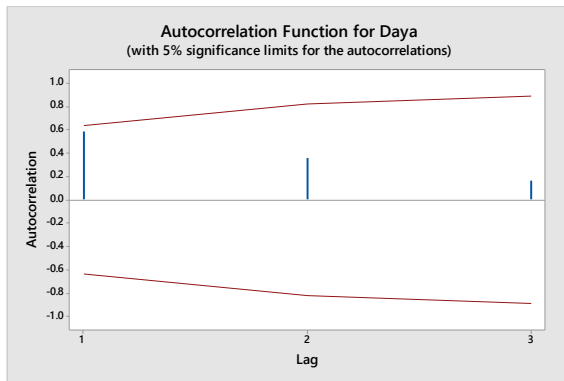
Kemudian uji Homogenitas untuk melihat adanya perbedaan varian terhadap dari masing-masing data daya. Dengan kata lain jika tidak ada perbedaan varian berarti data dinyatakan homogen tetapi jika ada perbedaan varian maka data tidak homogen.



Gambar 12. Uji homogenitas

Jika  $p$ -value untuk *multiple comparisons* dan *levene's Test*  $> 0.05$  (taraf signifikan) maka jumlah blade memiliki variansi yang sama. Gambar 12 menunjukkan  $p$ -value *multiple comparisons* sebesar 0.067 dan untuk  $p$ -value *levene's test* sebesar 0.339 sehingga dapat diartikan hasil jumlah *blade* terhadap *output* daya homogen.

Yang terakhir pengujian independen, uji ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF).



Gambar 13. Plot ACF Pada Respon Daya

Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada gambar 13, tidak ada nilai ACF pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada kolerasi antar residual artinya bersifat independen.

### 3.3 Hasil Analisa Data

Analisa data menggunakan *analysis of varians* (ANOVA) dan Analisa Pengujian *Tukey Pairwise Comparisons*.

Tabel 3. Analisa Varians

One-way ANOVA: daya versus jumlah blade					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Jumlah Blade	2	0.25032	0.125158	29.62	0.000
Error	12	0.05071	0.004226		
Total	14	0.30102			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0650052	83.15%	80.35%	73.68%

Sedangkan untuk hasil analisa uji tukey dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Pengujian *Tukey Pairwise Comparisons*

Tukey Pairwise Comparisons			
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Jumlah	N	Mean	Grouping
3 Blade	5	1.0200	A
4 Blade	5	0.9466	A
5 Blade	5	0.7167	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Hasil pada tabel 4 menerangkan bahwa jumlah blade 3 dan 4 saling berpengaruh, untuk jumlah blade 3 dan 5 tidak berpengaruh sedangkan jumlah blade 4 dan 5 juga tidak berpengaruh.

### 3.4 Pengujian Hipotesis

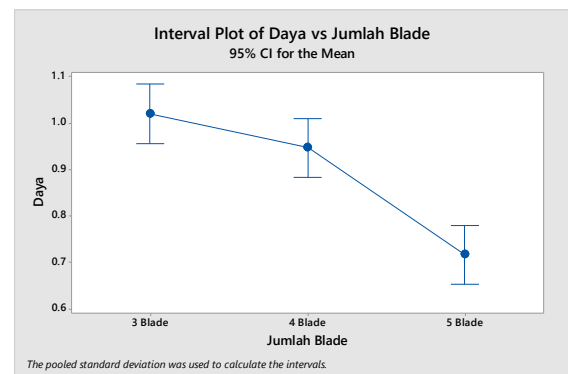
Pengujian hipotesis berdasarkan *P-Value* yang dibandingkan dengan nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ), apabila *P-Value* yang dihasilkan analisis variansi lebih kecil dari nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ) maka variabel bebas dapat dipastikan memiliki pengaruh pada hasil output daya pada penelitian.

Tabel 5. Perbandingan *P-Value* dan  $\alpha$

Variabel Bebas	<i>P-Value</i>		$\alpha$
Jumlah Blade	0.000	<	0,05

Berdasarkan *P-Value* yang dibandingkan dengan nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0.05$ ), dapat disimpulkan bahwa variabel proses mampu memberikan pengaruh signifikan terhadap output daya atau kinerja turbin angin dari variasi jumlah blade dengan tingkat keyakinan 95%.

Pengaruh yang diberikan dari dua variabel ini mampu terlihat dengan jelas melalui gambar *interval plot* untuk output tegangan yang didapat dari uji ANOVA pada *Software Minitab 17* yang dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Plot Efek Output Daya

Pada gambar 14, dapat dijelaskan bahwa jumlah blade 3 pada turbin angin mempunyai daya yang lebih tinggi dibandingkan dari jumlah blade 4 dan 5.

### 3.5 Pembahasan

Jika dilihat dari tingkat efek pengaruh yang diberikan terdapat jumlah blade yang mampu menghasilkan output kinerja turbin angin yang optimal. Dimana pengaruh 3 blade mampu menghasilkan output daya tertinggi dengan rata – rata sebesar 1,0203 Watt sedangkan untuk output daya terendah pada 5 blade dengan rata – rata sebesar 0,7171 Watt sedangkan untuk 4 blade sebesar 0,9467 Watt. Hasil presentasi variasi jumlah blade antara lain untuk 3 blade sebesar 38,21%, untuk 4 blade sebesar 35,20%, dan untuk 5 blade sebesar 26,59%. Hal ini membuktikan bahwa dari hasil perhitungan presentase menjelaskan untuk variasi 3 blade mempunyai presentase tertinggi dibanding kan jumlah blade lain.

Hasil penelitian yang berjudul “Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal” yang menerangkan bahwa turbin angin dengan menggunakan blade 3 lebih baik daripada turbin angin dengan menggunakan blade 5 [7]. Hal ini dikarenakan blade 3 mempunyai jarak antara blade satu dengan lainnya terhadap poros blade turbin mempunyai kerenggangan yang menjadikan aliran dapat mengalir dan menerpa blade dibelakang poros dan ini akan meningkatkan gaya momen serta mengurangi gaya hambat pada

*blade*, selain itu semakin besar jumlah *blade* maka aliran antara *blade* satu dengan yang lainnya akan saling mengganggu sehingga hasilnya jumlah *blade* yang menghasilkan daya yang lebih besar adalah jumlah *blade* yang jumlahnya sekecil mungkin. Pada jumlah *blade* yang lebih banyak maka aliran yang meninggalkan *blade* akan mengganggu aliran yang masuk pada *blade* berikutnya, sehingga perlu jarak yang luas agar aliran diantara *blade* tidak saling mengganggu.

#### 4. SIMPULAN

Hasil eksperimen dan analisa yang telah dilakukan, maka penelitian yang berjudul pengaruh jumlah blade terhadap daya listrik turbin angin sumbu horizontal profil naca 0015 dapat diambil kesimpulan bahwa dari hasil penelitian variasi jumlah blade berpengaruh terhadap daya listrik turbin angin sumbu horizontal sesuai hasil anova  $p\text{-value} > 0,05$  atau nilai signifikan.

#### 5. SARAN

Untuk mendapatkan hasil daya listrik yang paling tinggi gunakanlah jumlah blade yang sesuai kecepatan angin dengan sudut dan lebar blade yang seimbang. Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menguji faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil daya listrik pada turbin angin horizontal dengan menambahkan variasi jumlah, sudut, lebar blade serta dengan profil NACA yang bervariasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lungan, Franciscus. 2008. *Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Berdiameter 3,5 Meter dengan Modifikasi Pemotong dan Pengaturan Sudut Pitch*. Skripsi. Bandung: ITB
- [2] Resmi, Citra. Dkk. 2006. *Studi Eksperimental Sistem Pembangkit Listrik pada Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Skala Kecil*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- [3] Sarjono, Rudianto. 2010. *Pengaruh Perubahan Jumlah Blade Spiral 5 dan 3 Terhadap Performa Kincir Angin Savonius dengan Bentuk Blade Spiral*. (Online), tersedia: <https://www.academia.edu/15648799/>, diakses pada tanggal 15 Juli 2017.
- [4] Hau, Erich. 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics, 2nd Edition*, Horst von Renouard. Berlin: Springer
- [5] Mathew, Sathyajith. 2006. *Wind Energy: Fundamentals, Resources Analysis, and Economics*. Berlin: Springer.
- [6] Lambang P, Danur (dkk). 2014. *Pengaruh Jumlah Blade Airfoil Tipe NACA 4415 Terhadap Hasil Daya Listrik Turbin Angin Sumbu Horizontal*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- [7] Hermawan, Dwi. 2016. *Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Kediri: UN PGRI Kediri