

## ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN DARRIEUS-H NACA 3412 DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH DAN DIAMETER SUMBU PUTAR

Fina Andika Frida Astuti\*<sup>1</sup>, Arif Rochman Fachrudin<sup>1</sup>  
Ahmad Hamim Su'udy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang  
Jl. Soekarno Hatta, Malang, 65141

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang Semarang, 50275  
E-mail: [fina.andika@gmail.com](mailto:fina.andika@gmail.com)

### Abstrak

Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang dapat didayagunakan dengan pemanfaatan turbin angin yang bisa mengkonversi energi angin menjadi bentuk energi mekanik dan dengan generator dapat dihasilkan energi listrik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja turbin angin sumbu vertikal tipe Darrieus-H naca 3412 dengan variasi pada jumlah bilah, kecepatan angin dan diameter sumbu putar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan memvariasikan diameter sumbu putar, jumlah bilah dan kecepatan angin. Jumlah bilah yang divariasikan adalah 2 buah, 3 buah dan 4 buah. Kecepatan angin yang divariasikan adalah 3,2 m/s, 3,6 m/s, 4 m/s dan 4,5 m/s. Diameter sumbu putar yang digunakan adalah 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300mm dan 350 mm. Dari penelitian dihasilkan, pada semua nilai diameter sumbu putar turbin angin sumbu vertikal pada kecepatan 4,5 m/s, semakin banyak jumlah bilah akan menambah daya output turbin angin. Daya output terbesar adalah pada jumlah bilah 4 buah dengan diameter sumbu putar yang terbesar 350 mm, yaitu sebesar 3,52 Watt. Dengan beberapa variasi diameter sumbu putar turbin angin pada jumlah bilah 4 buah, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula daya output yang dihasilkan, yaitu 3,52 W pada diameter sumbu putar 350 mm dengan kecepatan angin 4,5 m/s. Pada semua nilai kecepatan angin pada turbin angin dengan jumlah bilah 4 buah, semakin besar diameter sumbu putar menyebabkan semakin besar daya output yang dihasilkan. Daya output terbesar adalah 3,52 Watt yaitu pada turbin angin dengan jumlah bilah 4 buah dengan kecepatan angin tertinggi 4,5 m/s dan berdiameter sumbu putar terbesar 350 mm.

**Kata Kunci:** sumbu vertikal, darrieus, diameter sumbu putar

### PENDAHULUAN

Kebutuhan Energi terbarukan dewasa ini sangat diperlukan, mengingat energi yang sekarang banyak digunakan, yaitu energi dari fosil semakin menipis ketersediaannya. Berbagai macam energi terbarukan sedang dikembangkan, salah satunya adalah energi angin.

Energi angin merupakan energi yang berasal dari gerakannya. Energi angin tersedia dimana mana dan melimpah karena di semua tempat hampir ada energi angin. Hanya saja

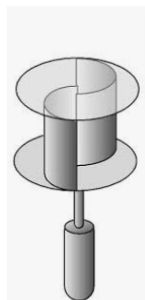
Analisis Kinerja Turbin Angin Darrieus-H Naca 3412 .....Fina Andika Frida, dkk pemanfaatan energi angin baik di dunia maupun di Indonesia belum secara optimal digunakan(Andika & Astuti, 2019). Kecepatan angin di berbagai belahan dunia beraneka ragam. Di Indonesia rata-rata angin mempunyai kecepatan antara 2- 6 m/s.

Energi angin dimanfaatkan dengan cara mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanik poros dan dikonversikan lagi menjadi energi listrik. Alat yang digunakan untuk mengkonversi energi tersebut adalah turbin angin. Turbin angin terdiri dari beberapa sudu yang bergerak pada porosnya. Energi angin memutar sudu sudu yang ada pada turbin sehingga poros turbin juga ikut berputar. Pada poros turbin diletakkan generator, yaitu alat yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik(Sudargana & Yuniarso, 2012).

Daya turbin angin selain dipengaruhi oleh kecepatan angin, adalah dipengaruhi desainnya. Secara garis besar turbin angin dibedakan menjadi dua yaitu turbin sumbu vertikal dan sumbu horisontal. Turbin angin sumbu vertikal, komponen turbin angin berupa bilah bergerak mengelilingi poros yang terletak secara vertikal. Turbin angin sumbu horisontal, bilah bergerak mengitari poros yang terletak secara horisontal.

Kelebihan turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin sumbu vertikal mempunyai konstruksi yang kuat. Turbin tidak memerlukan pengarahannya kepada arah angin, sehingga turbin ini sangat tepat apabila digunakan pada tempat yang mempunyai arah angin yang bervariasi. Dengan sumbu yang vertikal, peletakan generator dan gear box bisa ditempatkan di bawah bilah, sehingga desain lebih lebih praktis dan sangat efektif dalam keperluan perawatan.

Turbin angin sumbu vertikal yang biasa digunakan adalah Savonius dan Darrieus. *Savonius* adalah jenis turbin angin yang paling sederhana dan versi besar dari anemometer. Turbin angin *Savonius* dapat berputar karena adanya gaya tarik (*drag*). Efisiensi yang bisa dicapai turbin angin jenis ini sekitar 30%. Turbin angin savonius ditunjukkan gambar 1.



**Gambar 1. Turbin Angin Savonius**

Turbin angin *Darrieus* mempunyai bilah sudu yang disusun dalam posisi simetri dengan sudut bilah diatur relatif terhadap poros. Pengaturan ini cukup efektif untuk menangkap berbagai arah angin. Berbeda dengan *Savonius*, *Darrieus* memanfaatkan gaya angkat yang terjadi ketika angin bertiup. Bilah sudu turbin *Darrieus* bergerak berputar mengelilingi sumbu (Dharma & Masherni, 2017).



**Gambar 2. Turbin Angin Darrieus**

Untuk menggerakkan turbin darrieus diperlukan gaya angkat pada bilah ketika angin mengenai bilah. Untuk menghasilkan gaya angkat pada bilah, diperlukan adanya bentuk bilah dengan bentuk airfoil yang sesuai yang biasa disebut dengan airfoil NACA

Airfoil NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) merupakan satu bentuk aerodinamika yang dapat digunakan untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis. Geometri airfoil memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa CL, dan kemudian akan terkait dengan gaya angkat yang dihasilkan (Mesin & Teknik, n.d.)

Daya angin yang diperlukan untuk memutar turbin angin dirumuskan:

$$P = 0,5. \rho. v^3$$

dengan:

$\rho$ . = Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

A = Luas sapuan (m<sup>2</sup>)

V = kecepatan angin (m/s)

Daya turbin merupakan kemampuan turbin mendayagunakan daya angin yang bekerja pada turbin menjadi energi mekanik berupa putaran poros.. Daya turbin dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_t &= T. \omega \\ &= T. 2.\pi. n/60 \end{aligned}$$

dengan:

$T$  = torsi (Nm)

$\Omega$  = kecepatan sudut, (rad/s)

$N$  = putaran (Rpm)

Torsi merupakan perkalian antara gaya yang bekerja (Newton) dengan jarak sumbu pusat putar. Persamaan torsi adalah sebagai berikut:

$$T = r \cdot F$$

dengan

$T$  = torsi yang dihasilkan dari putaran poros (N.m)

$F$  = gaya pada poros akibat puntiran (N)

$r$  = jarak atau jari-jari lengan ke poros (m)

Penelitian mengenai turbin angin sumbu vertikal (Andika & Astuti, 2019), meneliti tentang pengaruh sudut pitch terhadap kinerja turbin angin sumbu vertikal. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sudut pitch  $0^0$  adalah yang paling efektif. (Fachrudin et al., 2017) dan (Fachrudin, 2018) dalam penelitiannya menyebutkan kecepatan angin dan jumlah sudu berpengaruh terhadap daya listrik yang dihasilkan. Jumlah sudu yang efektif menurut penelitiannya adalah sudu berjumlah 3.

Dari penjelasan-penjelasan diatas serta penelitian-penelitian sebelumnya, pemanfaatan energi angin adalah penting dalam rangka sebagai salah satu ketahanan energi pengganti energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Permasalahan permasalahan dalam turbin angin adalah bagaimana menghasilkan daya maksimum dari turbin angin, utamanya turbin angin sumbu vertikal, sehingga dalam penelitian ini dilakukan analisis kinerja turbin angin turbin angin sumbu vertikal darrieus tipe H.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen, yaitu dengan secara langsung melakukan percobaan untuk mendapatkan data data penelitian. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

### 1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- Kecepatan angin: 3,2 m/s, 3,6 m/s, 4,0 m/s, 4,5 m/s . (disimulasikan dengan fan).

- Jumlah bilah turbin: 2 buah, 3 buah dan 4 buah
- Diameter sumbu putar bilah turbin: 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm dan 350 mm. Diameter sumbu putar ditunjukkan pada gambar 4

## 2. Variabel terikat

Variabel terikatnya adalah: daya turbin, yaitu daya poros yang dihasilkan oleh turbin.

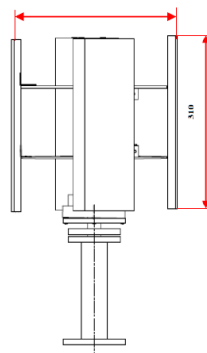
Tahap tahap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Perancangan.

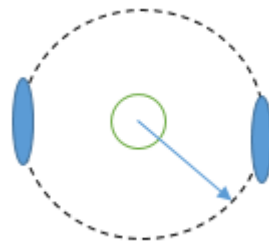
Tahapan ini terdiri dari perancangan komponen komponen turbin dengan menentukan dimensi komponen yang digunakan dan perancangan instalasi penelitian. Turbin angin sumbu vertikal ditunjukkan pada gambar 3. Komponen turbin dan spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut pada tabel 1:

Tabel 1 Spesifikasi Turbin Angin

No	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1	Jenis Turbin	Darrieus H
2	Jenis aksis	Vertikal Aksis
3	Panjang Chord	70 mm
4	Tinggi Blade	300 mm
5	Diameter Sumbu Putar	150,200,250,300,350 mm
6	Material Blade	Seng
7	Jumlah Blade	2, 3 dan 4 buah
8	No NACA	3412

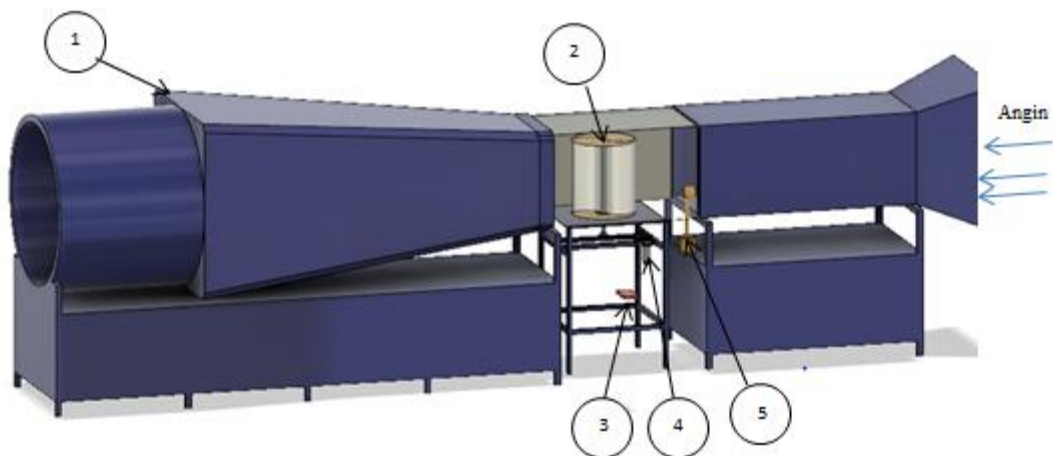


Gambar 3 Turbin sumbu Vertikal dengan 4 bilah



**Gambar 4. Diameter Sumbu Putar Turbin Angin Sumbu Vertikal**

Untuk instalasi pengujian, turbin ditempatkan pada wind tunnel, dengan poros diteruskan sampai bawah dudukan meja untuk penempatan beberapa alat ukur. Pada wind tunnel dipasang beberapa alat ukur antara lain anemometer sebagai alat ukur kecepatan angin yang diletakkan berdekatan dengan turbin, pegas torsi sebagai alat ukur besaran gaya yang diletakkan di poros bawah turbin dan tachometer untuk mengukur besarnya kecepatan putar turbin yang dalam pengukurannya ditempel pada bagaian poros bawah turbin. Instalasi pengujian ditunjukkan pada gambar 5.



**Gambar 5. Instalasi Penelitian**

dengan:

- 1 = wind tunnel
- 2 = turbin angin
- 3 = dudukan turbin angin
- 4 = neraca pegas
- 5 = anemometer



**Gambar 6 Eksperimen**

## **2. Pengujian**

Setelah tahap perancangan telah selesai dengan terinstalasinya alat pengujian, selanjutnya dilakukan tahap pengujian untuk mendapatkan data data penelitian. Langkah langkah dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan turbin angin pada *wind tunnel* sebagaimana ditunjukkan di gambar 6.
2. Mengatur variasi dari penelitian sesuai dengan variabel bebas, yaitu kecepatan angin, jumlah sudu dan radius putar turbin angin
3. Meletakkan alat ukur dalam pengujian, yaitu anemometer, neraca pegas dan tacho meter. Anemometer diletakkan berdekatan dengan bilah turbin angin yang berguna untuk mengukur kecepatan angin tepat sebelum mengenai turbin angin. Neraca pegas diletakkan di samping poros bawah turbin angin. Neraca pegas digunakan untuk mengukur torsi yang dihasilkan dari turbin angin. Tacho meter diletakkan pada ujung poros bawah turbin angin. Tacho meter berfungsi untuk mengukur
4. Menjalankan blower yang mengasilkan angin dan mengatur kecepatan angin sesuai dengan variabel bebas dengan tombol pengatur yang terdapat pada panel pada *wind tunnel*
5. Pengamatan mulai dilakukan setelah turbin berjalan stabil.
6. Mulai mengambil data:
  - a. Kecepatan putaran yang dihasilkan turbin angin dengan menggunakan tachometer.
  - b. Gaya pembebanan pada poros turbin. Gaya pembebanan digunakan untuk mencari torsi. Gaya pembebanan didapatkan dengan dengan menggunakan

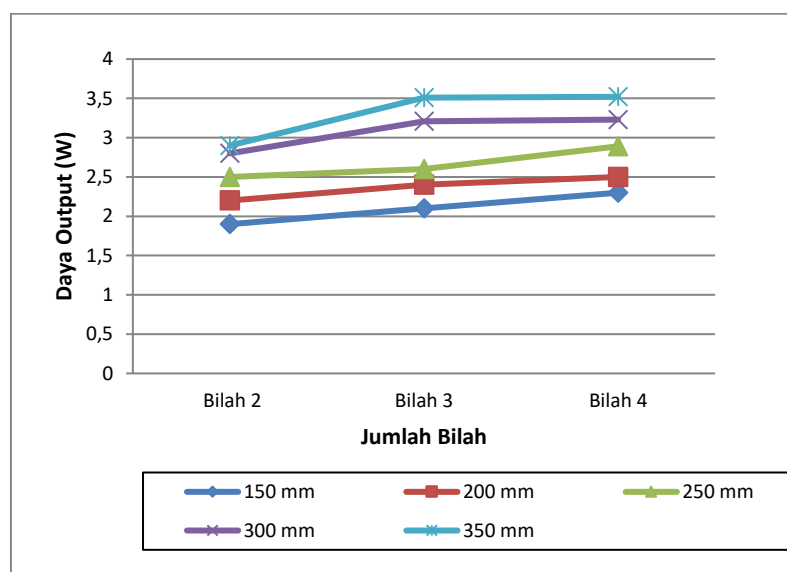
tali yang salah satu ujungnya diikat pada pulley yang dipasang diporos turbin bagian bawah dan ujung yang lain diikat pada neraca pegas, sehingga neraca pegas akan tertarik pada saat turbin berputar. Data pembebanan ditunjukkan pada neraca pegas yang tertarik turbin.

7. Menghitung nilai torsi dan daya turbin angin dari data data yang telah didapatkan didapatkan pada pengujian.
8. Mengulangi langkah-langkah untuk pengambilan data dengan variasi yang lain.
9. Data data yang didapatkan selanjutnya diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Hubungan Daya Turbin Angin dengan Jumlah Bilah

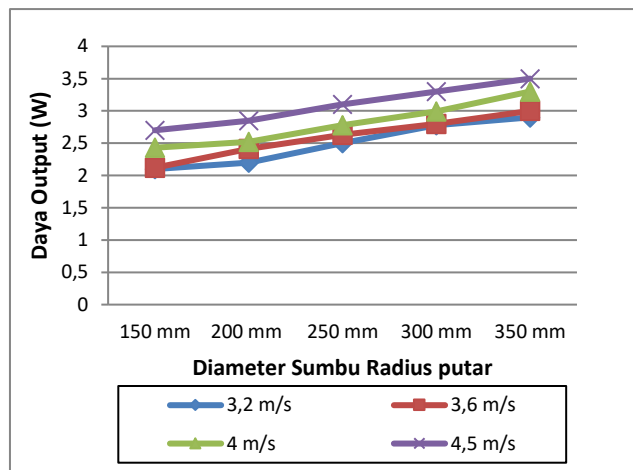
Hubungan daya turbin angin dengan jumlah bilah pada kecepatan angin 4 m/s ditunjukkan pada gambar 7. Dari gambar 7 didapatkan bahwa, pada semua nilai diameter sumbu putar, semakin banyak jumlah bilah ada kecenderungan akan menambah daya output yang dihasilkan. Pada jumlah bilah 3 dan 4 ada kecenderungan daya yang dihasilkan sama pada diameter sumbu putar 300 mm dan diameter 350 mm. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa dengan penambahan jumlah bilah akan menambah dayam output turbin angin, karena dengan penambahan bilh akan menampah luas area penangkapan energi angin yang selanjutnya dikonversikan menjadi energi mekanik.



**Gambar 7 Grafik Hubungan jumlah Bilah dengan Daya Output**



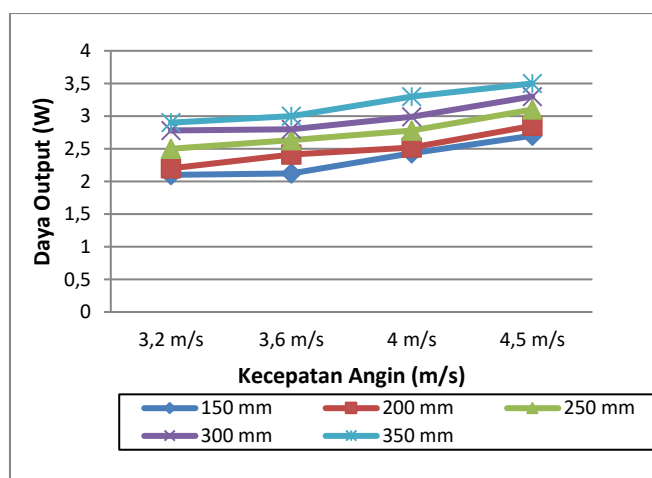
b. Hubungan Daya Turbin Angin dengan Diameter Sumbu Putar



**Gambar 8 Hubungan Daya Output dengan Diameter Sumbu Radius**

Daya turbin angin yang dihasilkan turbin dengan jumlah bilah 4 buah dengan variasi diameter sumbu putar dapat dilihat pada gambar 8. Dari gambar 8 diketahui bahwa, semakin besar diameter sumbu putar pada turbin angin sumbu vertikal dengan jumlah bilah sebanyak 3 buah dengan kecepatan angin divariasikan dari 3,2 m/s ; 3,6 m/s ; 4,0 m/s ; dan 4,5 m/s, akan menghasilkan daya output yang semakin besar. Daya output terbesar adalah pada diameter sumbu 350 mm pada kecepatan angin 4,5 m/s. Dengan semakin besar diameter sumbu putar maka gaya angin yang mengenai bilah akan dikonversikan menjadi kekuatan putar lebih besar karena mempunyai jari2 yang besar, sehingga menghasilkan torsi yang besar. Torsi akan bernilai besar jika dengan gaya yang sama tapi dengan jari jari yang lebih panjang.

c. Hubungan Daya Turbin Angin dengan Kecepatan Angin



**Gambar 9 Grafik Hubungan Daya Output dengan Kecepatan Angin**

Dari gambar 9 dapat diketahui bahwa, dengan beberapa variasi diameter sumbu putar, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula daya output yang dihasilkan. Dengan kecepatan yang tinggi, akan menambah torsi yang dihasilkan oleh poros turbin angin, sehingga menghasilkan daya yang semakin besar. Daya output terbesar dengan nilai 3,5 W yaitu pada diameter sumbu putar 350 mm dengan kecepatan angin 4,5 m/s.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan analisis dari hasil penelitian mendapatkan simpulan bahwa:

1. Pada semua nilai diameter sumbu putar turbin angin sumbu vertikal pada kecepatan 4,5 m/s, semakin banyak jumlah bilah akan menambah daya output turbin angin. Daya output terbesar adalah pada bilah 4 buah dengan diameter sumbu putar yang terbesar, yaitu sebesar 3,52 Watt.
2. Pada semua nilai kecepatan angin pada turbin angin dengan jumlah bilah 4 buah, semakin besar diameter sumbu putar akan menyebabkan semakin besar daya output yang dihasilkan. Daya output terbesar adalah 3,52 yaitu pada kecepatan angin tertinggi 4 m/s diameter sumbu putar terbesar, yaitu 350 mm.
3. Dengan beberapa variasi diameter sumbu putar turbin angin dengan jumlah bilah 4 buah, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula daya output yang dihasilkan, yaitu 3,52 W pada diameter sumbu putar 350 mm dengan kecepatan angin 4,5 m/s.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Andika, F., & Astuti, F. (2019). *Pengaruh Sudut Pitch Pada Blade Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 3412*. 2(2), 72–76.
- [2] Dharma, U. S., & Masherni, M. (2017). Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2), 138–148. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i2.246>
- [3] Fachrudin, A. R. (2018). *Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 3412 Dengan Sudut Pitch 0<sup>0</sup>*. 19(2), 195–202.
- [4] Fachrudin, A. R., Martawati, M. E., & Agus, B. S. (2017). *Pengambilan Keputusan Pemilihan Daya Listrik Kincir Angin Sumbu Vertikal*. III(2), 32–36.

- [5] Mesin, T., & Teknik, F. (n.d.). *Airfoil Simetris Terhadap Koefisien Angkat*. *11*(1), 110–124.
- [6] Sudargana, & Yuniarso, R. G. K. (2012). *Analisa Perancangan Turbin Darrieus Pada Hydrofoil NACA 0015 Dari Karakteristik  $C_l$  dan  $C_0$  Pada Variasi Sudut Serang Menggunakan Regresi Linier pada Matlab*. *14*(1), 21–28.