

## Pengujian Lapangan Bilah Airfoil Naca 5415 Dengan Turbin Angin The Sky Dancer 500 Watt

Rizky Ramdhani<sup>1)\*</sup>, Oleh<sup>2)</sup>, Aripin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang  
Karawang, Jawa Barat.

Email: [1710631150152@student.unsika.ac.id](mailto:1710631150152@student.unsika.ac.id)

<sup>2),3)</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang  
Karawang, Jawa Barat.

Email: [oleh@staff.unsika.ac.id](mailto:oleh@staff.unsika.ac.id), [aripin@staff.unsika.ac.id](mailto:aripin@staff.unsika.ac.id)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2022.v08.i01.p02>

### Abstrak

Energi merupakan sektor primer untuk kebutuhan hidup manusia, namun ironi negeri ini sektor energi masih dipasok oleh *waste energy*, dimana negeri-negeri tetangga sudah mulai memanfaatkan *green energy*. Indonesia dilimpahkan sumber daya energi baru-terbarukan sangat berlimpah, mulai dari panas matahari, panas bumi, angin, air, gelombang laut. Namun, kita belum mampu untuk memaksimalkan potensi yang diberikan. Contohnya, kecepatan rata-rata angin di Indonesia berkisar 2 m/s sampai dengan 11 m/s. Masuk dalam kecepatan angin rendah. Hampir mustahil memanfaatkan energi angin ini untuk skala besar. Akan tetapi, potensi angin ini tersedia hampir sepanjang tahun, maka dari itu, pengembangan teknologi turbin angin ini memungkinkan untuk skala mikro. Terdapat berbagai opsi untuk memaksimalkan energi angin dalam kecepatan rendah. Ada banyak opsi untuk menggunakan airfoil, parameter yang dicari adalah nilai  $Cl/Cd$  yang tinggi untuk mengekstrak energi angin pada kecepatan 2 m/s sampai 11 m/s. Pada penelitian ini dilakukan 3 tahapan, tahapan pertama perhitungan untuk menentukan jari-jari, *chord*, dan *twist* pada bilah. Tahapan kedua menggunakan bantuan software Q-blade untuk mengetahui Coefficient Performance dari airfoil yang digunakan dan 3D CAD Modelling. Tahapan ketiga yaitu proses manufaktur dan pengujian lapangan. Berdasarkan hasil perancangan, bilah yang dipilih adalah airfoil NACA tipe 5415 jenis taperless dengan jari-jari 0.875 m.

**Kata kunci:** bilah, *airfoil*, *taperless*, *lift*, *drag*, daya.

### Abstract

*Energy is the primary sector for the needs of human life, but the irony of this country is that the energy sector is still supplied by waste energy, where neighboring countries have started to use green energy. Indonesia is bestowed with abundant new-renewable energy resources, ranging from solar heat, geothermal, wind, water, ocean waves. However, we have not been able to maximize the potential given. For example, the average wind speed in Indonesia ranges from 2 m/s to 11 m/s. Enter in low wind speed. It is almost impossible to harness this wind energy on a large scale. However, this wind potential is available almost all year round, therefore, the development of this wind turbine technology allows for micro-scale. There are various options for maximizing wind energy at low speeds. There are many options for using airfoils, the parameter to look for is a high  $Cl/Cd$  value to extract wind energy at speeds of 2 m/s to 11 m/s. In this study, 3 stages were carried out, the first stage was the calculation to determine the radius, chord, and twist on the blade. The second stage uses the help of Q-blade software to find out the Coefficient Performance of the airfoil used and 3D CAD Modeling. The third stage is the manufacturing process and field testing.*

**Keywords:** *blade, airfoil, taperless, lift, drag, power*

## 1. PENDAHULUAN

Turbin angin merupakan alat konversi dari kinetik angin menjadi energi mekanik untuk memutar generator lalu diubah menjadi energi listrik. Energi angin merupakan hasil dari setengah kali jenis udara dengan luas penampang cakupan dari turbin angin dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya. Turbin angin memiliki tipe ada yang horisontal dan vertikal. Salah satu jenis turbin angin yang memiliki efisiensi daya cukup tinggi adalah turbin angin tipe 3 *blade propeller* yaitu mendekati 45%[1]. Semakin tinggi efisiensi suatu turbin maka semakin maksimal juga dalam pengkonversi energi angin. Namun, kecepatan angin rata-rata berkisar 3 m/s – 6m/s yang termasuk kategori rendah. Maka dari itu, desain bilah perlu untuk memaksimalkan potensi angin yang ada di Indonesia. [2]Untuk wilayah dengan kecepatan angin rendah-sedang diperlukan bilah yang mengkonversi energi angin menjadi putaran rotor dengan torsi yang besar. Putaran bilah dengan torsi besar cenderung pelan[3].

Tipe airfoil yang digunakan dalam penelitian ini adalah NACA 5415 dengan peningkatan ketebalan 30% dengan memiliki peningkatan ketebalan 30% yang memiliki nilai efisiensi lebih baik dari pada NACA 4412.[4] Bilah harus dibuat dengan material yang kuat dan ringan. Maka material yang dipilih ialah kayu mahoni.[5]

Pada penelitian ini, akan melakukan pengujian lapangan dengan parameter yang dirancang. PT. Lentera Bumi Nusantara yang berada di Ciheras, Tasikmalaya mengembangkan energi terbarukan dibidang wind turbine skala mikro. Kecepatan rata-rata angin di pantai ciheras mencapai 12 m/s.[6] PT. Lentera Bumi Nusantara biasa menggunakan airfoil clark y, NACA 4412, dan NACA 4415. Pada penelitian ini akan menganalisis performa dari airfoil NACA 5415 tipe taperless dengan panjang 0.875m yang dibantu dengan software analisis Q-blade dan 3D CAD Modelling. Bilah NACA 5415 akan diuji lapangan yang dipasangkan dengan generator tipe Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) *coggingless*[7].

## 2. METODE

### 2.1. Persamaan Matematika

Untuk merancang sebuah bilah, kita perlu memperhitungkan beberapa parameter yang akan dijadikan dasar perancangan geometri.[1] Antara lain :

Daya Angin

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

$P$	= Daya angin (Watt)
$A$	= Luas penampang (m <sup>2</sup> )
$\rho$	= Massa Jenis udara (kg/m <sup>3</sup> )
$v$	= Kecepatan angin (m/s)

Tip Speed Ratio (TSR)

TSR adalah perbandingan kecepatan ujung bilah terhadap kecepatan angin.[1]

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} \quad (2)$$

$\omega$	= Kecepatan sudut (rad/s)
----------	---------------------------

*Coefficient Lift*

Nilai  $Cl$  didapat dari persamaan 3, berikut. [1]

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

- $Cl$  = Coefficient lift
- $L$  = Gaya angkat (N)
- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Massa Jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)
- $v$  = Kecepatan angin (m/s)

*Coefficient Drag*

Nilai  $Cd$  didapat dari persamaan 4, berikut. [1]

$$Cd = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} \quad (4)$$

- $Cd$  = Coefficient Drag
- $D$  = Gaya hambat (N)
- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Massa Jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)
- $v$  = Kecepatan angin (m/s)

## 2.2. Perancangan Model

Perancangan model bilah dibantu dengan software Q-Blade dan Ms. Excel dengan memasukkan parameter dimensi yang kita butuhkan

Tabel 1. Parameter perencanaan perancangan bilah

Variabel	Nilai
Daya rencana ( $P$ )	500 Watt
Kecepatan angin perancangan ( $V$ )	12 m/s
Tip Speed Ratio ( $\lambda$ )	7
Jumlah Bilah ( $B$ )	3
Densitas Udara ( $\rho_{udara}$ )	1.225 kg/m <sup>3</sup>

Dalam perancangan bilah, hal pertama yang harus dilakukan adalah menghitung total daya angin yang akan diambil dengan menggunakan batas atas dan batas bawah sebagai asumsi menggunakan persamaan 5. [6]

$$P = \eta_B \times \eta_T \times \eta_G \times \eta_C$$

- $\eta_B$  = Efisiensi Bilah
- $\eta_T$  = Efisiensi Transmisi
- $\eta_G$  = Efisiensi Generator
- $\eta_C$  = Efisiensi Controller

Tabel 2. Perhitungan daya estimasi turbin angin

Kapasita: (Watt)	Komponen <i>Wind Turbine</i>	Effisiensi	
500	Bilah	0,3	0,4
	Transmisi	1	1
	Generator	0.9	0.9
	<i>Controller</i>	0.9	0.9
	Sistem	0,24	0,32
Daya angin (Watt)		2057,6	1543,2

Maka daya angin minimal untuk mengambil 500 Watt adalah 1543,2 watt dan maksimal adalah 2057,6 watt. Dengan menggunakan asumsi kecepatan angin maksimal 12 m/s dan persamaan daya angin maka bisa mendapat Jari-jari minimal yang akan digunakan[8].

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

R = Jari-Jari Bilah (m)  
A = Luas Sapuan bilah (m<sup>2</sup>)

Tabel 3. daya angin dan jari-jari

Daya a ngin	V max	Luas sapuan (A)	Jari-jari ( m)
2057,6	12	1,9	0,79
1543,2	12	1,5	0,68

Selanjutnya untuk mendapatkan sudut puntir pada tiap elemen bilah adalah dengan menentukan flow angle dengan menggunakan persamaan [8]

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

$\phi$  = Flow angle

Setelah flow angle, sudut puntir dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [8]

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

$\phi$  = Flow Angle  
 $\beta$  = Twist  
 $\alpha$  = Angle of Attack

Tabel 4. *flow angle* dan alpha

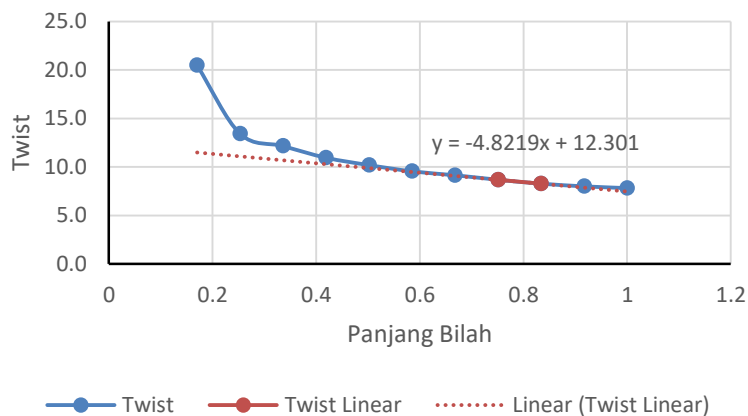
Elemen	Jari-jari parsial	TSR Parsial	Flow Angle	C <sub>L</sub>	α
0	0,17	1,2	26,7	1,86	6,2
1	0,25	1,8	19,6	1,25	6,2
2	0,34	2,4	15,4	0,94	3,2
3	0,42	2,9	12,6	0,76	1,6
4	0,50	3,5	10,6	0,63	0,4
5	0,59	4,1	9,1	0,54	-0,4
6	0,67	4,7	8,0	0,47	-1,1
7	0,75	5,3	7,2	0,42	-1,5
8	0,83	5,8	6,5	0,38	-1,8
9	0,92	6,4	5,9	0,35	-2,1
10	1,00	7,0	5,4	0,32	-2,4

Kemudian melakukan Linearisasi sudut puntir (*Twist*). Tujuan dari metode linearisasi pada bilah untuk mengoptimasi bilah yang efisien dan mempermudah manufaktur.[9] Nilai Linearisasi direpresentasikan dengan bentuk persen per satuan panjang dari keseluruhan panjang bilah. Metode Linearisasi ini dilakukan dengan grafik *Twist* original berbanding dengan jari-jari parsial.[10] Kemudian pada grafik tersebut diambil titik yang menjadi letak Linearisasi yang diinginkan pada bilah tersebut. Selanjutnya, buat garis trendline yang linear terhadap titik tersebut.[8]

Hasil persamaan linearisasi didapat persamaan

$$y = -4,8219x + 12,301$$

Tabel 5. Linearisasi bilah

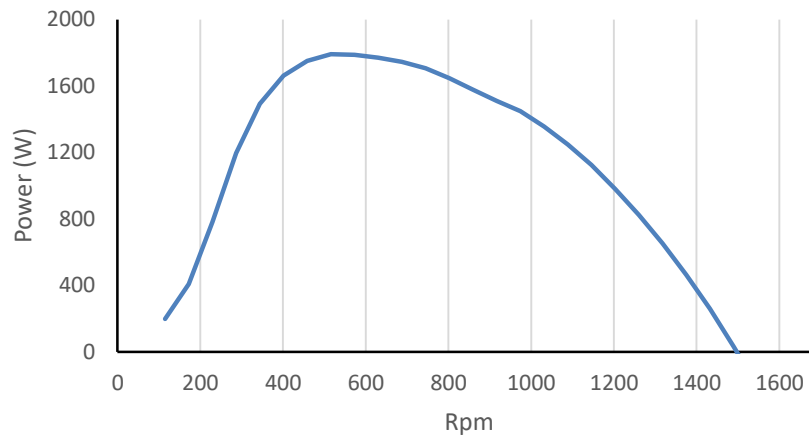


### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Simulasi

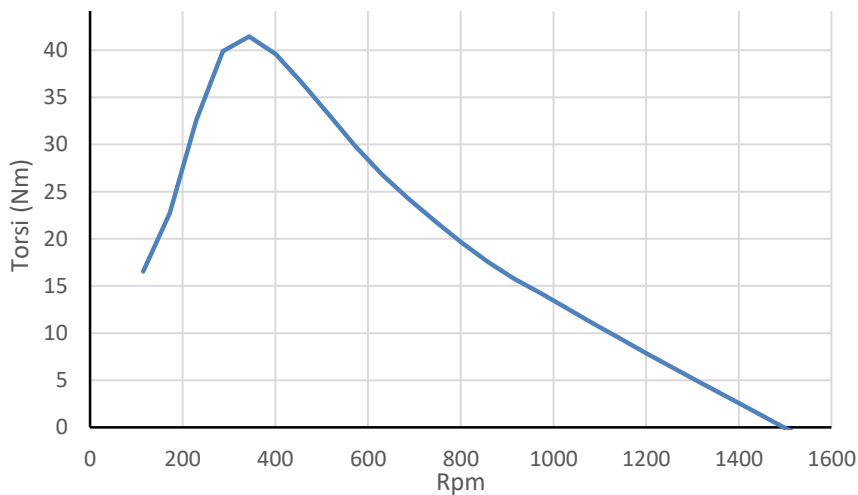
Hasil simulasi untuk airfoil NACA 5415 untuk power dibanding Rpm dijelaskan pada gambar 4. Berdasarkan hasil simulasi, bilah memiliki power tertinggi pada saat Tip Speed Ratio antara 4-6. Artinya, NACA 5415 memiliki puncak performa yang cukup bagus.

Tabel 6 Hasil *Power* berbanding Rpm

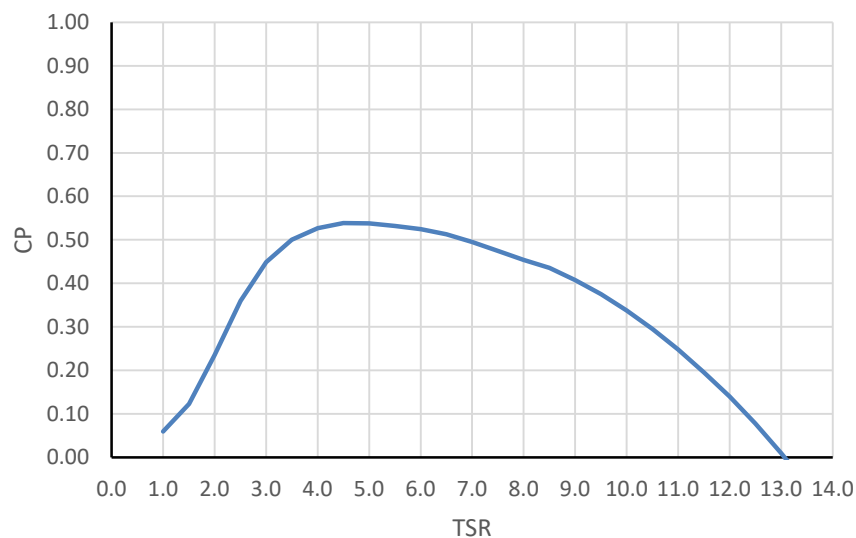


Hasil simulasi untuk airfoil NACA 5415 untuk Torsi dibanding Tip Speed ratio dijelaskan pada gambar 5. Berdasarkan hasil simulasi, bilah memiliki Torsi tertinggi pada saat Tip Speed Ratio antara 3. Artinya, NACA 5415 memiliki puncak performa torsi pada saat kecepatan rendah.

Tabel 7 Hasil Torsi terhadap Rpm



Tabel 7 Hasil  $C_p$  berbanding Tip Speed Ratio

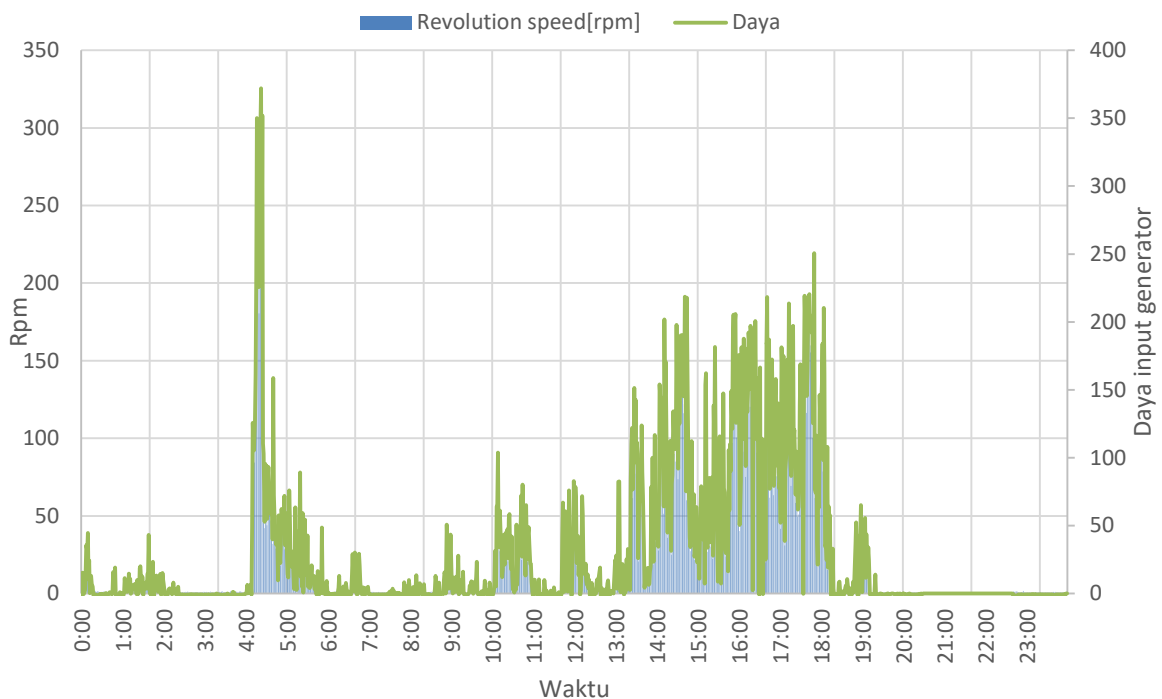


Hasil simulasi untuk airfoil NACA 5415 untuk *Coefficient Power* dibanding *Tip Speed ratio* dijelaskan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil simulasi, bilah memiliki Cp tertinggi pada saat Tip Speed Ratio antara 4-6. Artinya, NACA 5415 memiliki puncak performa yang cukup konsisten, karena setelah puncak grafik landai.

### 3.2. Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan langsung di ketinggian 10 meter pada turbine *The Sky Dancer 500*. Pengujian meliputi kecepatan putar, tegangan dan arus generator yang di rekam oleh *Logger*. Pengujian dilakukan selama 24 jam, dan data yang direkam adalah dalam satuan detik.

Table 9 Hasil Pengujian



## 4. SIMPULAN

Tabel 8 Hasil pengukuran

Rpm max	197
Rpm min	16
Rpm Average	23
Daya max	324 Watt
Daya min	0 Watt
Daya Average	30 Watt

Dapat disimpulkan dalam penelitian ini bilah NACA 5415 dapat menghasilkan putaran tertinggi yaitu 200 rpm dengan daya input yang berupa tegangan dan arus dihasilkan yaitu 300 Watt. Pada pukul 04.00 kemudian terjadi penurunan daya. Pada pukul 13.00 sampai 18.00 bilah NACA 5415 dapat mengekstrak angin dengan baik karena dapat menghasilkan daya input generator yang cukup stabil. Hal ini terjadikarena fluktuasi angin yang terjadi setiap detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Piggott, "Windpower Workshop," pp. 1–160, 1997.
- [2] A. Goupee and R. Kimball, "A Calibrated Blade- Element / Momentum Theory Aerodynamic Model of the MARIN Stock Wind Turbine Preprint," no. April, 2015.
- [3] Y. Nishizawa, "An Experimental Study of the Shapes of Rotor for Horizontal-Axis Small Wind Turbines," *Wind Turbines*, no. 1, 2011, doi: 10.5772/15057.
- [4] F. Gibran, M. Safhire, and A. D. Warits, "Design of NACA 4415 Taperless Twistless wind turbine blade using twist optimization for Indonesia wind characteristics," vol. 11, pp. 2751–2758, Jan. 2016.
- [5] L. O. Usman, R. Balaka, and A. I. Imran, "Rancang Bangun Bilah Taperless Jenis Horizontal Axis Wind Turbin Untuk PLTB 500 Watt Dengan Airfoil NACA 6412 Menggunakan Software Qblade Abstrak," vol. 6, no. 2, pp. 42–49, 2021.
- [6] R. P. Damanik, D. Agustina, and A. Martin, "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal Dengan Tipe Bilah Inverse Taper Berbahan Dasar Komposit Serat Tandan," *Jom Fteknik*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [7] M. Ferrini, W. Borreani, G. Lomonaco, and F. Magugliani, "Design by theoretical and CFD analyses of a multi-blade screw pump evolving liquid lead for a Generation IV LFR," *Nucl. Eng. Des.*, vol. 297, pp. 276–290, 2016, doi: 10.1016/j.nucengdes.2015.12.006.
- [8] J. N. Sørensen, "Aerodynamic aspects of wind energy conversion," *Annu. Rev. Fluid Mech.*, vol. 43, no. September, pp. 427–448, 2011, doi: 10.1146/annurev-fluid-122109-160801.
- [9] Y. El Khchine and M. Sriti, "Tip Loss Factor Effects on Aerodynamic Performances of Horizontal Axis Wind Turbine," *Energy Procedia*, vol. 118, pp. 136–140, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.028.
- [10] D. Nongdhar and B. Goswami, "Design of Micro Wind Turbine for Low Wind Speed Areas: A Review," *ADBU J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–47, 2018, [Online]. Available: [www.tinyurl.com/ajejee-adbu](http://www.tinyurl.com/ajejee-adbu).