



Rancang Bangun Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal Tipe Taper Dengan Menggunakan Airfoil Naca 6512 di PT. Lentera Bumi Nusantara

Fahrul Rofi¹, Viktor Naubnome², Arifin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang Jl. H.S Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, 41361.

Abstract

Received: 15 Juli 2022

Revised: 18 Juli 2022

Accepted: 22 Juli 2022

Utilization of alternative energy such as wind energy is one solution to be able to produce electrical energy through this wind turbine. The potential for wind energy in Indonesia has an average of 2-7 m/s which can be utilized for renewable energy. The purpose of this taper blade design is to find out the best performance so that the taper blade design with Airfoil NACA 6512 can operate on wind turbines designed for wind speeds in Indonesia. This NACA 6512 airfoil has a high C_l/C_d value for use on taper blades. This design uses the BEM (Blade Element Momentum) method as a simulation performance analysis by entering the results of the blade geometry. Using Solidworks Software to create 3D blade designs. The dimensions of the NACA 6512 taper blade have a radius of 0.8 m, a chord width of 12 cm at the base and 6 cm at the tip of the blade. Has a maximum C_p value of 53% at TSR 6. At a maximum rpm of 788 Rpm has a maximum power of 1149 W. The results of field testing have a maximum charging power of 279.11 W on the first day of testing and the largest average charging is 36.75 W. the power that can be obtained by this taper blade is 439.99 Wh.

Keywords: Taper, NACA 6512, Ideal Cycle time

(*) Corresponding Author: 1810631150035@student.unsika.ac.id; HP.085692557090

How to Cite: Rofi, F., Naubnome, V., & Arifin, A. (2022). Rancang Bangun Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal Tipe Taper Dengan Menggunakan Airfoil Naca 6512 di PT. Lentera Bumi Nusantara. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(14), 100-106. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6982077>

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi tidak terbarukan yang memegang peranan penting di hidup yang serba modern ini. kehidupan manusia semakin bergantung terhadap ketersediaan energi listrik, dapat dikatakan bahwa energi listrik merupakan salah satu kebutuhan primer yang mampu menunjang kelangsungan hidup manusia. Kebutuhan energi bisa saja meningkat, mengingat konsumsi listrik di indonesia sendiri dari tahun ke tahun mengalami peningkatan seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi nasional. Maka dari itu perlu sekali adanya pemanfaatan suatu sumber daya yang lain, salah satunya adalah energi angin sebagai sumber daya yang sangat besar untuk dikelola dan dimanfaatkan sebagai energi listrik di indonesia. [1]

Salah satunya Pembangkit listrik Energi Bayu dengan angin sebagai energinya. alasan mengapa energi angin bisa menjadi energi terbarukan yang banyak dipilih, karena sangat tersedia di alam bebas, ramah lingkungan, tidak terpengaruh oleh hal lain [2] Maka dari itu untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik, diperlukannya teknologi yang biasa kita kenal sebagai turbin angin Yang mempunyai fungsi sebagai teknologi untuk membangkitkan listrik dan dapat mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik [3]. Secara garis besar



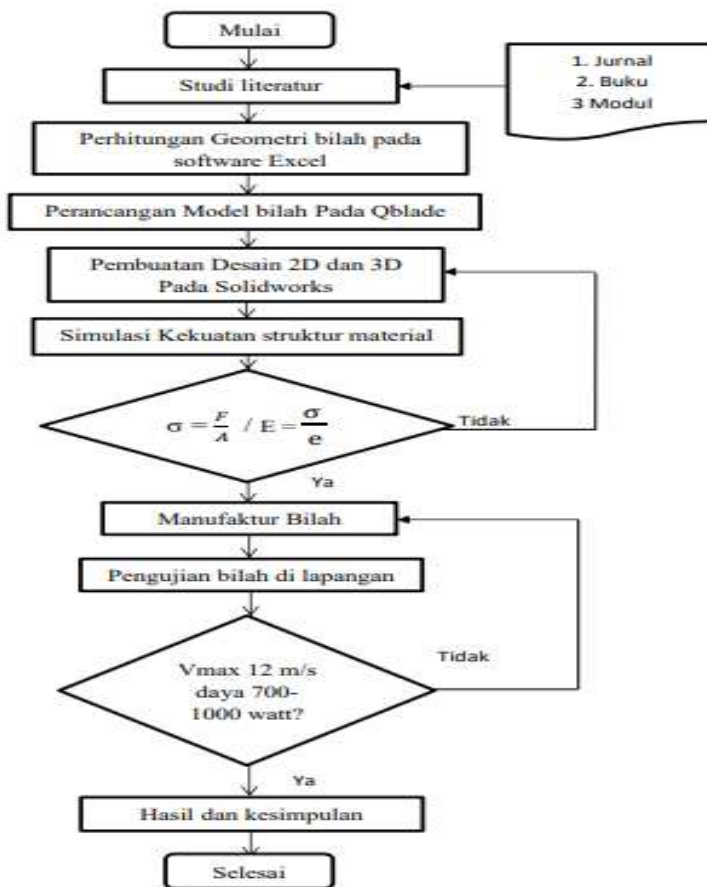
ada dua jenis turbin angin berdasarkan sumbu yaitu ada *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) dan *Vertikal Axis Wind Turbine* (VAWT) [4] Turbin angin umumnya memiliki beberapa tipe pada *Blade* atau bilahnya, untuk tipenya terdapat tiga jenis yaitu *Taper*, *Taperless* dan *Inverse taper* masing masing jenis tersebut mempunyai bentuk, kegunaan dan efisiensi yang berbeda. Turbin angin jenis HAWT ini juga perlu airfoil bilahnya untuk menghasilkan gaya angkat ketika melewati aliran udara. [6]

Bilah merupakan komponen penting pada sebuah turbin angin, karena yang akan pertama kali berinteraksi dengan angin adalah bilah. Dalam pembuatan bilah turbin angin, material yang biasa digunakan adalah Material *Fiber*, *Composite*, *Styrofoam* dan Kayu [5]. Material yang sering di gunakan untuk manufaktur bilah di PT. Lentera Bumi Nusantara sendiri adalah Material Kayu.

Untuk mengetahui hasil bilah *taper* yang memiliki performa optimal dan mempunyai material dengan usia pakai yang lebih baik. Maka, penelitian kali ini akan dilakukan Rancang bangun bilah sumbu *horizontal* tipe *taper* dengan menggunakan program *Excel*, *QBlade* dan *Solidworks* sebagai simulasi dan bilah yang akan dirancang ini menggunakan airfoil *NACA 6512* yang dimodifikasi menggunakan material bilah berasal dari kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus*).

METODOLOGI PENELITIAN

Pada rancang bangun bilah *Taper* turbin angin dengan kapasitas generator 500 watt ini, memerlukan beberapa tahapan kegiatan Dapat dilihat dengan alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir penelitian Hasil Perancangan Bilah

Hasil dari perancangan bilah sesuai dengan spesifikasi generator TSD-500 Watt pada turbin angin di PT. Lentera Bumi Nusantara. Berikut adalah hasil dari proses perancangan bilah.

1. Parameter awal bilah

Dalam perancangan bilah, dibutuhkan parameter yang ditetapkan dan yang akan dihitung. Parameter inilah yang akan digunakan dalam perhitungan geometri bilah pada desain *wind turbine*.

Tabel 1 Parameter awal

We	Efisiensi					Daya angin	V max	Luas Sapuan	jari jari
	Bilah	Transmisi	Generator	Controller	Sistem				
500	0.3	0.9	0.9	0.9	0.2187	2286.24	12	2.160	0.8
	0.4				0.2916	1714.68		1.620	

Adapun parameter yang memiliki persamaan yang dapat dihitung adalah sebagai berikut :

Efisiensi system bilah (K) menggunakan persamaan:

$$\eta_{\text{system}} = \eta_{\text{bilah}} \times \eta_{\text{transmisi}} \times \eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{kontroler}}$$

lalu persamaan Daya angin (Wa) yang diperlukan untuk menghasilkan daya listrik (We) = 500 watt dengan K yang sudah diketahui:

$$W_a = \frac{W_e}{K}$$

TSR	Airfoil	Cl/Cd	Alpha	Cl	Jumlah Bilah
7	Naca 6512	149.8	4	1.19	3

Dimana :

W_a : daya angin yang dibutuhkan (watt)

W_e : daya listrik yang dihasilkan (watt)

K : Efisiensi sistem (%)

Untuk luas sapuan bilah dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{2Pa}{\rho v_{maks}^3}$$

Dimana:

A : luas sapuan area (m²)

ρ : massa jenis udara (kg/m³)

v : kecepatan angin (m/s)

Setelah itu menentukan jari-jari menggunakan persamaan:

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

Dimana:

R : jari-jari bilah (m)

A : luas sapuan area (m²)

Tabel 2 Karakteristik airfoil

Sebelum menentukan geometri bilah, kita perlu mencari nilai karakteristik airfoil, perlu untuk menentukan parameter seperti Sudut serang (alpha) dan Cl (*Coefficient lift*) nilai tersebut didapatkan melalui simulasi pada *software Qblade*. Dan juga parameter lain yang perlu untuk ditentukan adalah *Tip Speed Ratio* (TSR).

2. Geometri Bilah

Pada tahap ini dilakukan penentuan jumlah elemen untuk memudahkan perancangan bilah. Bilah dibagi menjadi 11 elemen pada kolom pertama, dari elemen 0 sampai ke elemen 10. Lalu pada kolom selanjutnya pada elemen 0 diberi

Tabel 3 Geometri Bilah

nilai jarak dari pusat hub ke bagian peralihan bilah, diasumsikan sebesar 0,170 meter. Berikut adalah tabel geometri bilah *taper*.

Elemen	jari jari parsial	TSR Parsial	Flow Angle (deg)	Twist (beta) (deg)	Chord (m)	Twist Linier 75%	Twist Linier 75%	Twist + Pitch 5deg	Chord Linear 0 dan 9	Chord Optimum
0	0.170	1.49	22.61	18.61	0.120		6.59	11.59	0.120	0.120
1	0.233	2.04	17.42	13.42	0.088		5.95	10.95		0.112
2	0.296	2.59	14.07	10.07	0.069		5.30	10.30		0.104
3	0.359	3.14	11.77	7.77	0.057		4.65	9.65		0.096
4	0.422	3.69	10.10	6.10	0.048		4.00	9.00		0.088
5	0.485	4.24	8.84	4.84	0.042		3.36	8.36		0.080
6	0.548	4.80	7.85	3.85	0.037		2.71	7.71		0.072
7	0.611	5.35	7.06	3.06	0.033	3.06	2.06	7.06		0.064
8	0.674	5.90	6.42	2.42	0.030	2.42	1.42	6.42		0.056
9	0.737	6.45	5.88	1.88	0.028		0.77	5.77	0.048	0.048
10	0.800	7.00	5.42	1.42	0.026		0.12	5.12		0.040

Untuk elemen selanjutnya menggunakan persamaan:

$$r = 0,170 + \left[\frac{R-0,170}{n} \right] \times \text{elemen}$$

Kemudian nilai TSR menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda r = \frac{r}{R} \times \lambda R$$

Nilai flow angle (sudut alir) didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\Phi = \frac{2}{3} \tan^{-1} \frac{1}{\lambda r}$$

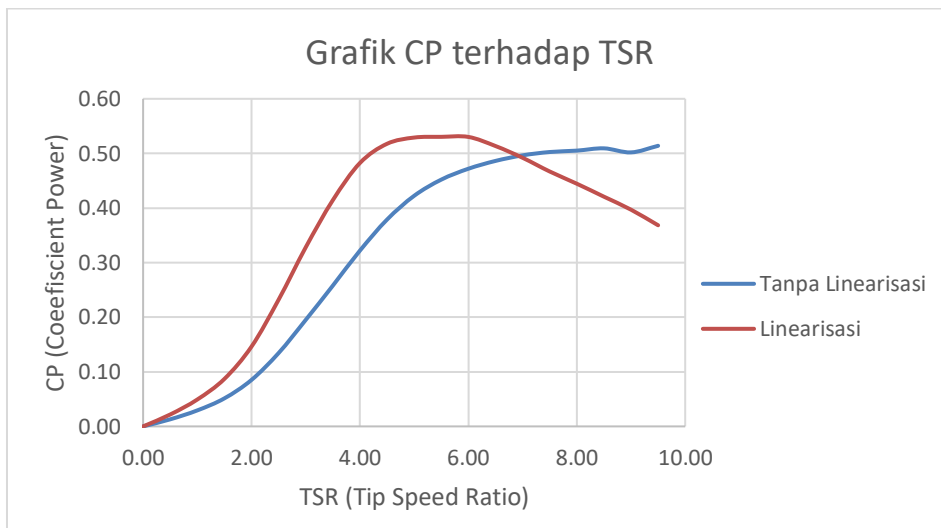
Nilai twist (sudut puntir) menggunakan persamaan:

$$\beta = \Phi \times \alpha (9)$$

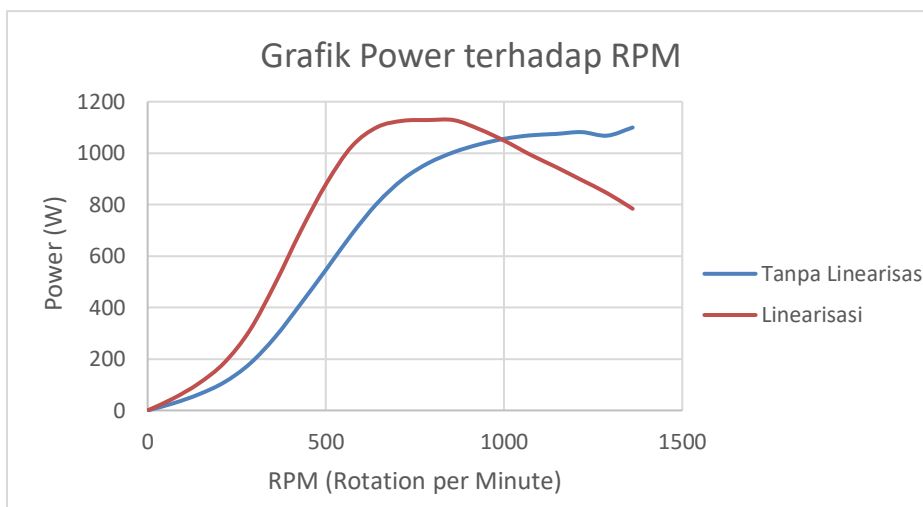
Nilai twist dilakukan linearisasi pada posisi 75% atau linearisasi yang dilakukan pada elemen ke-7 dan ke-8. Dalam hal ini, y adalah twist terlinearisasi dan x adalah nilai jari-jari parsial tiap elemen yang diperoleh sebelumnya. Hal ini juga dilakukan linearisasi chord pada bilah tipe taper, dengan cara yang berbeda. Linearisasi pada chord dilakukan dengan menentukan batas atas dan batas bawah pada hasil chord yang sudah dilakukan linearisasi 75%. Agar menemukan hasil chord yang mudah dibentuk pada saat manufaktur. Lalu Hasil simulasi penambahan sudut puntir dapat ditambahkan dengan nilai 5 derajat.

3. Analisis Simulasi Performa Bilah

Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Qblade. Dengan memasukan angka angka yang sudah dibuat pada geometri bilah. Nilai nilai tersebut dilakukan simulasi melalui fitur simulasi Rotor BEM (*blade elemen momentum*) pada *software Qblade*. Tujuan simulasi ini untuk mendapatkan nilai *Coefficient Power* (Cp) terhadap TSR dan nilai Daya (W) terhadap putaran Rpm.



Gambar 2 Grafik Cp-TSR



Gambar 3 Grafik Power-Rpm

Berdasarkan pada gambar 1 dan gambar 2 bahwa bilah *taper* dengan *airfoil* NACA 6512 menghasilkan Cp tertinggi sebesar 53% pada TSR 6 sedangkan pada TSR 7 menghasilkan Cp sebesar 49%. Daya maksimum yang dihasilkan pada kecepatan putaran bilah 788 Rpm adalah 1129 W.

4. Pengolahan Data lapangan

Pengujian dilakukan selama 2 hari, pada tanggal 28 juni 2022 – 29 juni 2022 di Turbin angin yang memiliki Generator 500 watt di *Wind turbine* yang memiliki ketinggian 5m. pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil performa bilah *Taper* NACA 6512 yang sudah dirancang.

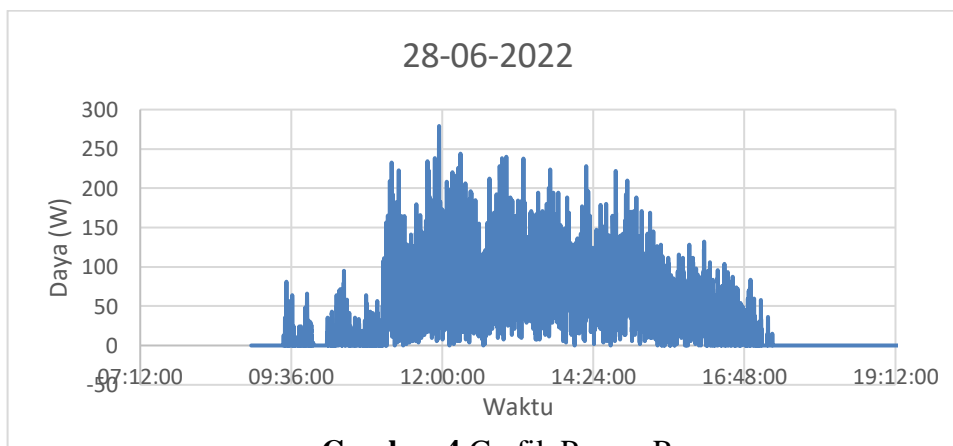
Tabel 4 Hasil perolehan daya bilah

Tanggal	28-06-2022	29-06-2022
---------	------------	------------

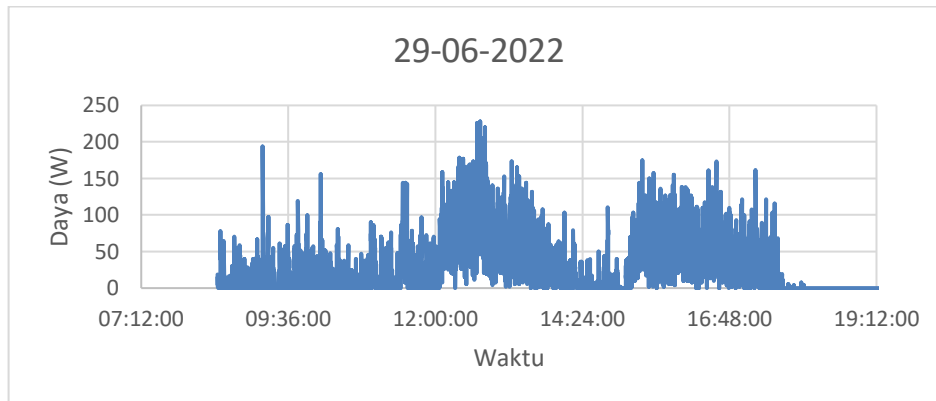
Wind Measurement	Average Wind Speed	2.29 m/s	2.61 m/s
	Maximum Wind Speed	9.14 m/s	8.74 m/s
	Theoretical Energy	1237.28 Wh	875.07 Wh
Charging Measurement	Maximum Battery Voltage	26.71 Volt	26.52 Volt
	Minimum Battery Voltage	24.24 Volt	24.62 Volt
	Maximum Charging Current	10.45 A	8.6 A
Charging Power	Average Charging Wage	36.75 W	19.53 W
	Maximum Charging Wage	279.11 W	228.072 W
	Obtained Power	439.99 Wh	371.49 Wh
Matching Ratio	Obtained power/teoritical energy x 100%	35.55%	42.24%

Pada Pengujian hari pertama Kecepatan angin rata rata pada saat bilah *taper* NACA 6512 berputar sebesar 2.29 m/s dan memiliki kecepatan maksimum sebesar 9.14 m/s dengan memiliki pengisian daya maksimum sebesar 279.11 W dan mempunyai rata rata pengisian daya sebesar 36.75 W. Total daya perjam yang mampu dihasilkan oleh bilah *taper* di sebesar 439.99 W .pengujian hari pertama dilakukan selama 11 jam.

Pada hari kedua pengujian yang dilakukan selama 16 jam, mempunyai hasil data yang berbeda dimana Kecepatan angin rata rata yang dihasilkan pada saat bilah beroperasi sebesar 2.61 m/s dengan memiliki rata rata hasil pengisian daya sebesar 19.53 W daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh bilah *taper* NACA 6512 ini sebesar 228.07 W nilai tersebut terjadi dikarenakan pada saat hari pengujian kedua ini memiliki kecepatan angin maksimum sebesar 8.74 m/s. beriku adalah grafik sebaran daya pada saat pengujian.



Gambar 4 Grafik Power-Rpm



Gambar 5 Grafik Power-Rpm

KESIMPULAN

Pada Penelitian kali ini memiliki kesimpulan bahwa hasil performa bilah hasil simulasi pada *Software Qblade* memiliki nilai C_p (*Coefficient Power*) 0.49 pada TSR 7. Sementara itu pada saat pengujian Bilah *taper* NACA 6512 hari pertama dengan rata rata angin 2.29 m/s memberikan hasil daya rata rata yang dihasilkan oleh bilah sebesar 36.75 W dengan daya maksimum sebesar 279.11 W pengujian dilakukan selama 11 jam. Sedangkan Pengujian pada hari kedua dilakukan selama 16 jam dengan rata rata kecepatan angin 2.61 m/s Memberikan hasil daya rata rata sebesar 19.53 W dengan daya maksimum 228.072 W.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rachman, Akbar. (2012). Potensi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbarukan. *Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Jember*, 68121 Indonesia
- [2] Jarass, L. (1980). *Windenergie: E. systemanalyt. Bewertung d. techn. u. wirtschaftl. Potentials für die Stromerzeugung d. Bundesrepublik Deutschland.*
- [3] Lentera Angin Nusantara, [2014]. *Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin.*
- [4] Sulton Ahmad. (2021). *Perbandingan Hasil Proses Manufaktur Bilah Micro Wind Turbine Secara Manual Dan Mesin Cnc Menggunakan Metode Qcd. Fakultas Teknologi industri, UIN yogyakarta.*
- [5] Piggott, H. 1997. *Windpower Workshop. Centre of Alternative Energy.*
- [6] Inayah N. Zahra. (2016). *Dasar Dasar Perancangan Bilah. Lentera Bumi Nusantara*