



## Rancang Bangun Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal Tipe Taperless Dengan Airfoil Psu94-097 Menggunakan Material Kayu Nangka (*Artocapus Heterophyllus*)

Rifki Maulana Sidik<sup>1</sup>, Kardiman<sup>2</sup>, Najmudin Fauji<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. H.S Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, 41361.

### Abstract

Received: 22 Juli 2022  
Revised: 25 Juli 2022  
Accepted: 30 Juli 2022

Wind energy is a renewable alternative energy source that is environmentally friendly. As in Indonesia, the wind potential is very capable of being utilized or developed for renewable energy, where the average wind speed in Indonesia is 2 m/s – 8 m/s with the wind speed capable of driving wind turbines. Turbines have an important component, namely blades, these blades convert wind energy to kinetic energy. The purpose of the research on design of Horizontal Axis Wind Turbine Taperless type with Airfoil PSU94-097 using jackfruit wood is to determine the process of material is to determine the process of designing, manufacturing and testing. Where starting with the selection of the airfoil is PSU94-097 with a Cl/Cd value of 138.56 and a CP/TSR value of 46%. 2D and 3D bar design are made in Solidworks software by entering coordinate to simplify the manufacturing process, namely manufacturing. The last stage is testing the blades on the wind turbine, where the total test for three days produces 371.54 Wh of power with the highest wind speed of 12.46 m/s.

**Keywords:** Taperless, PSU94-097, Ideal Cycle time

(\*) Corresponding Author: [1810631150025@student.unsika.ac.id](mailto:1810631150025@student.unsika.ac.id); HP.082119882782

**How to Cite:** Sidik, R., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). Rancang Bangun Bilah Turbin Angin Sumbu Horizontal Tipe Taperless Dengan Airfoil Psu94-097 Menggunakan Material Kayu Nangka (*Artocapus Heterophyllus*). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(14), 406-414. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6997152>.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di dunia terus mengalami peningkatan seiring dengan berjalannya waktu, hal tersebut dapat dikarenakan pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola pemakaian energi itu sendiri. Sumber energi utama di dunia sejauh ini berasal dari energi fosil, sedangkan energi fosil sendiri memiliki keterbatasan, dan memerlukan proses alam dalam waktu yang lama untuk memperbaharunya. Untuk itu perlu adanya energi alternatif non-fosil untuk memenuhi semua kebutuhan energi di dunia [1].

. Di masa global warming akibat polusi dari energi yang merusak lingkungan, membuat para peneliti mencari sumber pemanfaatan energi yang lebih ramah lingkungan dan dapat digunakan [2]. Energi ini bisa dimanfaatkan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak atau energi



lain yang tidak dapat diperbaharui dan berpotensi merusak lingkungan. Salah satu pemanfaatan energi bayu yang saat ini banyak di pakai yaitu turbin angin untuk pembangkit energi listrik[3].

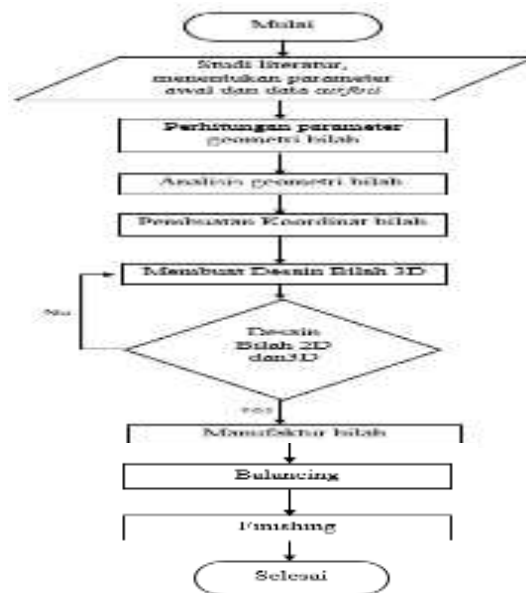
Turbin angin memiliki model pada *Blade* atau bilah, untuk modelnya terdiri dari tiga jenis yaitu *Taper*, *Taperless* dan *inverse taper*, namun dalam penelitian kali ini jenis bilah yang digunakan tapeless. Dimana setiap jenis bilah mempunyai bentuk dan kegunaan yang berbeda, karena itu harus disesuaikan dengan kondisi kecepatan angin. Dalam perancangan bilah ada beberapa aspek yang perlu di pahami yaitu mekanika fluida, aerodinamika dan material. Untuk menganalisis suatu turbin angin ada beberapa yang perlu di perhatikan seperti *Tip Seep Ratio (TSR)*, *Twist*, *Angle Of Attack*, *Power Coeffisient (Cp)*, panjang bilah, *Airfoil* dan lainnya.

*Blade* pada turbin angin mempunyai desain pada ujung bilahnya yang di namakan dengan *Airfoil*, berdasarkan gaya angkat dan dorong *blade* terhadap aliran fluidanya. Agar memperoleh kinerja yang baik dari turbin angin, perlu mempertimbangkan pemilihan model *Airfoil* yang akan digunakan, karena desain *Airfoil* yang akan menghasikan gaya angkat dan gaya hambat (*CL/CD*) pada bilah. Setelah model *Airfoil* didapat, selanjutnya melakukan simulasi di *software Qblade* dan *Excel*. Hasil dari ke dua software tersebut berfungsi untuk melihat performa *Airfoil* dan perhitungan geometri bilah.

Selanjutnya proses pengujian bilah tipe tapeless dengan *airfoil* PSU94-097 menggunakan material kayu nangka (*Artocapus Heteropyllus*) pada wind turbin skala mikro 500 watt. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa bilah yang dihasilkan secara langsung.

## 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 & PEMBAHASAN

### Hasil Perancangan Bilah

Hasil 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. Berikut parameter yang dihitung :

Efisiensi sistem bilah (K) menggunakan persamaan:

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

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

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

Dimana :

Wa : daya angin yang dibutuhkan (watt)  
 We : daya listrik yang dihasilkan (watt)  
 K : Efisiensi sistem (%)

Untuk luas sapuan bilah dapat dihitung dengan persamaan:

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

Dimana:

A : luas sapuan area (m<sup>2</sup>)  
 ρ : massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 v : kecepatan angin (m/s)

Setelah itu menentukan jari-jari menggunakan persamaan:

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

Dimana:

R : jari-jari bilah

A : luas sapuan area (m<sup>2</sup>)

Didapatkan hasil perhitungan parameter awal bilah dalam menentukan kapasitas daya, efisiensi, luas sapuan, dan jari-jari bilah yang akan digunakan.

**Tabel 1** Parameter Perancangan

Kapasitas Daya	Efisiensi				Daya Angin	Kecepatan Angin Maksimal	Luas Sapuan Bilah	Jari-Jari Bilah
	Bilah	Generator	Controller	Transmisi				
We	η <sub>b</sub>	η <sub>g</sub>	η <sub>c</sub>	η <sub>t</sub>	Wa	V <sub>max</sub>	A	R

Watt	%	%	%	%	Watt	m/s	m <sup>2</sup>	Meter
500	0,3	0,9	0,9	1	2057	12	1,94	0,8
	0,4				1543		1,46	

## 2. Geometri Bilah

Pada tahapan ini, bilah dibagi menjadi 11 elemen. Dimana untuk elemen 1 bagian pangkal dan 10 elemen sama panjang, geometri yang bisa dihitung dengan persamaan:

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:

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

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:

$$Q = \Phi \times a$$

Hasil perhitungan parameter diatas menunjukkan nilai geometri pada elemen ke- 1 saja, sehingga dalam penyelesaiannya dilakukan di microsoft excel, berikut data tabel 2 yang diperoleh :

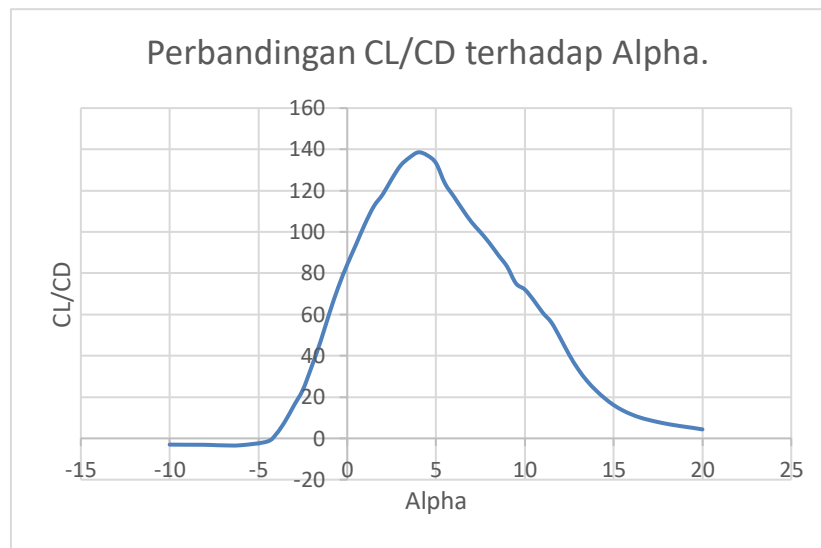
**Tabel 2** Geometri bilah

Elemen	Jari-Jari Parsial	TSR Parsial	Flow Angle	Cl	Alpha	Twist	Twist Linear 75%	Twist Optimum
0	0.17	1.49	22,61	1.19	6.37	16.24		11.37
1	0.23	2.04	17,42	0.87	3.29	14.13		10.94
2	0.30	2.59	14,07	0.68	1.64	12.43		10.55
3	0.36	3.14	11,77	0.56	0.62	11.15		10.15
4	0.42	3.69	10,10	0.48	-0.17	10.28		9.75
5	0.49	4.24	8,84	0.42	-0.73	9.57		9.36
6	0.55	4.80	7,85	0.37	-1.16	9.02		8.96
7	0.61	5.35	7,06	0.33	-1.50	8.57	8.57	8.57
8	0.67	5.90	6,42	0.30	-1.75	8.17	8.17	8.17
9	0.74	6.45	5,88	0.27	-2.01	7.88		
10	0.80	7.00	5,42	0.25	-2.17	7.59		7.77 7.38

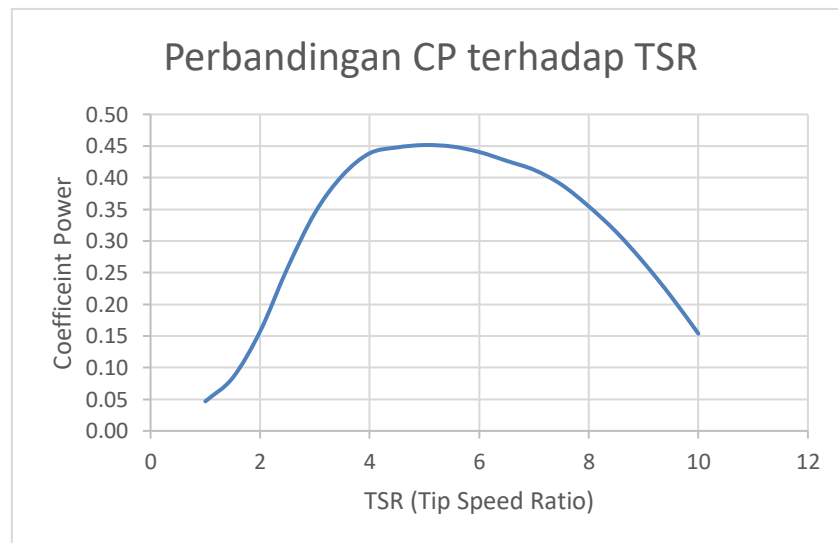
## 3. Analisis Simulasi Performa Bilah

Dalam analisis perancangan yang dilakukan di *software Qblade* dengan *airfoil* PSU94-094, grafik yang menjadi acuan dalam pemilihan

performa *airfoil* yang akan digunakan, yaitu berupa grafik *Coefficient Lift* terhadap *Coefficient Drag*, Power terhadap *Rotation* dan *Coefficient Power* terhadap *Tip Speed Ratio*.



**Gambar 2** Grafik Cl terhadap Cd

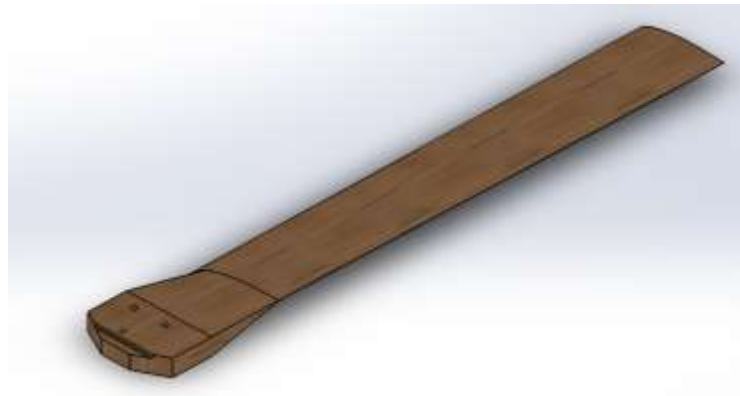


**Gambar 3** Grafik Power-Rpm

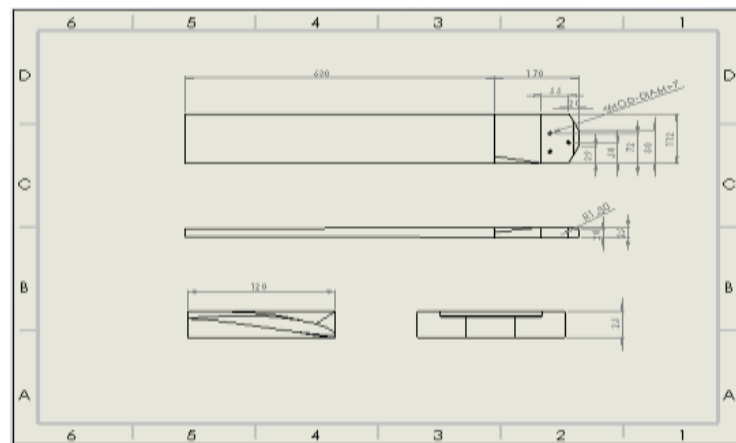
Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan bahwa bilah taperless dengan *airfoil* PSU94-097 menghasilkan nilai  $Cl/Cd$  138.56 sedangkan nilai tertinggi dari  $CP/TSR$  menghasilkan 0,46 atau berarti 46% dengan  $TSR$  tertinggi 5.

#### 4. Perancangan Bilah 2D & 3D

Perancangan ini menggunakan *software solidworks*, langkah memasukan data koordinat XYZ yang sudah disiapkan di *microsof excel* dengan format *.txt*. maka didapat hasil seperti digambar 4.



**Gambar 4** Bilah 3D



**Gambar 5** Bilah 2D

### 5. Pengolahan Data lapangan

Pengujian ini dilakukan pada tanggal 30 Juni sampai 2 Juli 2022 di Ciheras Cipatujah, Tasikmalaya. Pengujian bilah menggunakan generator TSD 500 watt yang di pasang pada wind turbin dengan ketinggian 5 m dengan kecepatan angin yang ada di Ciheras.

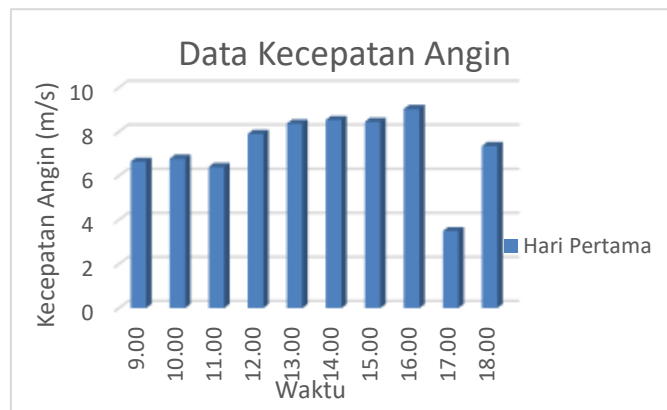
**Tabel 3** Data Pengujian

Waktu	Pengukuran Daya			Pengisian Daya		
	Tegangan Baterai Maksimum (Volt)	Tegangan Baterai Maksimum (Volt)	Arus Pengisian Maksimum (Ampere)	Watt Pengisian Rata Rata (Watt)	Watt Pengisian Maksimum (Watt)	Daya yang diperoleh (Wh)
Hari Pertama	28.53	24.43	11.27	116.3	315	152.52
Hari	28.95	24.53	15.75	74.79	450.45	142.31

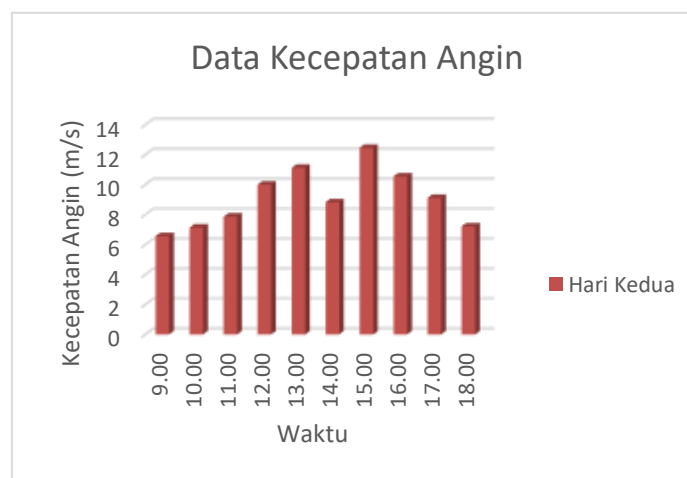
<b>Kedua</b>						
<b>Hari Ketiga</b>	27.09	24.62	9.26	24.08	250.85	76.71

Dari data hasil pengujian pengukuran daya dan pengisian daya selama 3 hari didapatkan perbedaan nilai (*Wh*), dimana nilai yang paling tinggi ada disaat pengujian pertama dengan nilai daya 152.52 (*Wh*) dengan kecepatan angin tertinggi dihari pertama sebesar 9.03 m/s.

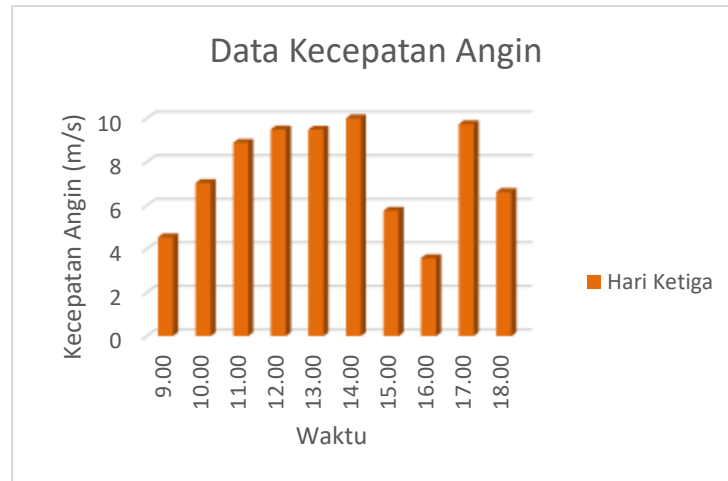
Parameter perbandingan kecepatan angin ini diambil dari jam 09.00 sampai 18.00 hal ini dilakukan agar lebih mudah dalam pembacaan grafik dan rata-rata kecepatan angin tertinggi ada pada saat waktu tersebut. Perbedaan kecepatan angin sangat memperngaruhi performa daya yang akan dihasilkan. Dimana untuk kecepatan angin yang dihasilkan selama pengujian 3 hari ada perbedaan kecepatan angin tertinggi per harinya, kecepatan angin di hari pertama menghasilkan 9.03 m/s, hari kedua 12,46 m/s dan hari ketiga 9.73 m/s. Berikut grafik perbedaan kecepatan angin selama pengujian 3 hari :



**Gambar 6** Grafik Kec angin hari pertama



**Gambar 7** Grafik Kec angin hari kedua



**Gambar 7** Grafik Kec angin hari ketiga

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian bilah tipe taperless dengan airfoil PSU94-097 didapatkan hasil berupa daya yang dihasilkan per tiap hari pengujian. Tabel 5.1 di bawah ini menyimpulkan data hasil pengujian :

**Tabel 4** Data kesimpulan pengujian

Waktu	Daya yang dihasilkan	Waktu Pengujian
	(Wh)	(jam)
<b>Hari Pertama</b>	152.52	15
<b>Hari Kedua</b>	142.31	24
<b>Hari Ketiga</b>	76.71	10

Hasil data di atas diambil dari setiap per hari pengujian dan berapa lama pengujian dilakukan, jadi ada tiga hasil perbandingan variasi pengujian pada wind turbin. Dimana hasil performa yang paling baik ada di pengujian hari pertama dengan daya yang dihasilkan adalah 152.52 dengan kecepatan angin tertingginya 9.03 m/s.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulana, E. Djatmiko, E. Mahandika, D. dan Putra, R.C. (2021). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Angin Salvonius Tipe-U Untuk Kapasitas 100 W. Fakultas Teknik Mesin, Universitas Pancasila. Jakarta, Vol 3 no 2.
- [2] Trifiananto, M. Putra, I. S. dan Ramdhan, M. E. (2022) Analisa Performa Turbin Angin VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) Tipe *Hybrid Savonius Darrieus* Naca 4712. Fakutas Teknik Mesin, Universitas Jember. Vol 15 no 1.
- [3] A. Fadila dan I. Zakaria. (2020) Rancang Bangun Turbin Angin Tipe

*Darrieus* Tiga Sudu Rangkap Tiga Dengan Profil Naca0006. Vol 15, no 3

- [4] Lentera Angin Nusantara, [2014]. Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin.
- [5] Inayah N. Zahra. (2020). Dasar Dasar Perancangan Bilah. Lentera Bumi Nusantara
- [6] Inayah N. Zahra. (2016). Dasar Dasar Perancangan Bilah. Lentera Bumi Nusantara
- [7] Nasrul, M. Alroshady, M. Inayah N. Zahra. Analisa Dasar Data Rancangan Bilah.
- [8] Piggott, H. 1997. Windpower Workshop. Centre of Alternative Energy.