

## ANALISA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL TIGA SUDU

Nila Khusnawati  
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus  
Email: 201954116@umk.ac.id

Rianto Wibowo  
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus  
Email: rianto.wibowo@umk.ac.id

Masruki Kabib  
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muria Kudus  
Email: masruki.kabib68@gmail.com

### ABSTRAK

Turbin angin merupakan suatu alat yang mampu mengubah energi angin menjadi energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator turbin. Efisiensi turbin angin poros horizontal ini dapat ditingkatkan untuk mendapatkan koefisien daya yang maksimal. Tujuan dari penelitian ini, adalah untuk mengetahui performansi turbin angin dengan perubahan sudut sudu dan kecepatan angin. Pada hubungan grafik sudut sudu pada putaran poros, putaran turbin. Target analisa Performansi adalah turbin angin adalah untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi angin pada sebuah kipas angin sehingga berputarkan rotor blade turbin angin menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Metode penelitian ini adalah analisa performansi turbin angin poros horizontal dengan kecepatan angin blade 3 ditinjau dari Efisiensi system dan Tip Speed Ratio (TSR). Analisa dilakukan dengan sumber angin berasal dari angin untuk mengarahkan kincir angin. Hasil penelitian adalah setelah menganalisa kinerja turbin angin terdapat kecepatan angin sangat mempengaruhi output atau daya mekanik dan koefisien daya. Pada perhitungan torsi dapat di hasilkan sebesar 0,4 N.m, untuk perhitungan Kecepatan sudut sudu 45° menghasilkan nilai sebesar 68,4 rad/s, dan untuk perhitungan daya angin sendiri menghasilkan daya sebesar 290,9 watt, dengan kecepatan angin 4,0 m/s.

Kata kunci: *Turbin angin, Poros horizontal, Efisiensi sistem, Tip Speed Ratio, Daya Angin.*

### ABSTRACT

*Wind turbine is a device that is able to convert wind energy into mechanical energy which is then converted into electrical energy through a turbine generator. The efficiency of this horizontal axis wind turbine can be increased to get the maximum power coefficient. The purpose of this study was to determine the performance of wind turbines with changes in blade angle and wind speed. In the graphic relationship of the blade angle on the shaft rotation, the turbine rotation. Performance analysis target is the wind turbine is to produce electrical energy by utilizing wind energy in a fan so that the wind turbine blade rotates to produce environmentally friendly electrical energy. This research method is analyzing the performance of a horizontal axis wind turbine with 3 blade wind speeds in terms of system efficiency and Tip Speed Ratio (TSR). The analysis is carried out with the wind source coming from the wind to direct the windmill. The results of this study was that after analyzing the performance of the wind turbine, wind speed greatly affects the output or mechanical power and power coefficient. In the calculation of torque, 0.4 Nm can be produced, for the*

*calculation of the 45° blade angular velocity it produces a value of 68.4 rad/s, and for the calculation of the wind power itself it produces 290.9 watts of power, with a wind speed of 4.0 m/s.*

**Keywords:** *wind turbine, horizontal shaft, System efficiency, Tip Speed Ratio and Wind Power.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan / produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Sementara tingginya kebutuhan migas tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan sehingga di hampir semua negara berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan [1].

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional, kincir angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik [2].

Alat yang bekerja dan mampu menghasilkan listrik diantaranya adalah kincir angin. Alat ini akan menangkap angin dan menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik. Oleh karena itu diperlukan energi terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya adalah pemanfaatan energi angin. Sumber energi yang paling dominan untuk negara yang paling maju yaitu batu bara, minyak dan gas alam. Konsumsi tinggi untuk bahan bakar ini adalah sebagian besar disebabkan oleh pengembangan teknologi yang menggunakan bentuk energi, sebuah tren yang terus terjadi sejak revolusi industri. Energi nuklir, alternatif yang relatif modern juga merupakan sumber utama bagi beberapa negara [3].

Potensi sumber daya angin di daerah kota kudu pada saat musim kemarau sangat berpotensi digunakan pada mesin konversi energi, hembusan angin dapat dikonversi dengan menggunakan turbin udara horizontal dan dikoversi dalam bentuk lain. Kecepatan angin berbanding lurus dengan kecepatan putaran poros turbin angin. Perubahan jumlah sudu akan mempengaruhi kinerja putaran poros turbin. Karena gaya sapuan pada bilahnya, semakin besar putaran turbin yang dihasilkan [4] Pada umumnya bentuk turbin angin yang banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT*) dan Turbin angin sumbu vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine -VAWT*) [5].

Pengembangan turbin angin poros horizontal telah dilakukan banyak penelitian untuk menghasilkan sistem yang mampu bekerja secara optimal. Dimana turbin ini dapat ditingkatkan efisiensinya untuk mendapat koefisien daya yang maksimal. Salah satunya dengan menggunakan sudu berjumlah banyak. Koefisien daya yang maksimal ini akan meningkatkan jumlah Watt (daya) yang dihasilkan sehingga untuk mendapatkan jumlah watt tertentu cukup dengan menggunakan jumlah turbin angin yang lebih sedikit [6]. Dari hasil penelitian yang dilakukan diharapkan mampu dijadikan sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya selain itu juga diharapkan mampu menghasilkan sistem yang ramah lingkungan dan dapat di aplikasikan skala kecil di daerah yang belum tersentuh listrik [7]. Pengembangan turbin angin savonius telah memberikan kontribusi dalam upaya konversi energi angin ke energi listrik [8],[9]. Pengujian unjuk kerja turbin angin tipe vertical telah dilakukan dengan bentuk rotor koaksial [10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui performansi turbin angin dengan perubahan sudut sudu dan kecepatan angina.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, studi literatur, persiapan alat, pengambilan data, Analisa data.

### 2.1. Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dalam analisa ini yaitu analisa performansi. Kegiatan yang dilakukan dalam analisa ini meliputi blade turbin angin horizontal 3 sudu yang terdiri dari delapan variasi sudut kelengkungan turbin dengan ketinggian yang sama, pembuatan turbin, persiapan alat, dan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur banyaknya putaran turbin (rotasi per menit, rpm) untuk setiap variasi sudut turbin pada berbagai variasi kecepatan angin. Analisa dilakukan dengan mempelajari sumber – sumber terkait dari jurnal maupun buku – buku terkait dengan cara memahami permasalahan – permasalahan yang terjadi. Sebelum memulai analisa juga dilakukan persiapan alat yang akan digunakan, serta mempelajari keselamatan kerja dalam mengoperasikan alat perkakas.

### 2.2. Tempat serta Analisa data

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Motor Bakar Gedung J Lantai 1 Universitas Muria Kudus, kota Kudus di mulai dari Tanggal 22 September - 01 Oktober 2021 selama 9 hari pada pukul 10:00 – 15.00 di laboratorium motor bakar.

### 2.3. Bahan dan alat

#### a. Bahan yang digunakan

1. Flange digunakan untuk menempatkan poros utama dan menempatkan batang sudu.
2. Batang Sudu, digunakan untuk menghubungkan antara sudu dengan flange.
3. Poros, digunakan untuk penyangga turbin angin dan tempat terhubungnya flange.
4. Blade persegi panjang digunakan untuk menangkap energi kinetik angin yang akan dikonversi menjadi gerak (mekanik) putar dalam poros penggerak.

#### b. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam analisa performansi turbin angin sebagaimana gambar 1:



Gambar 1. Anemometer, Tachometer, multimeter dan Voltmeter

1. Tachometer, digunakan untuk mengukur kecepatan putar turbin angin
2. Anemometer, untuk mengukur kecepatan udara yang masuk melewati guildefan.
3. Ampermeter, digunakan untuk mengukur nilai arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik.
4. Voltmeter, digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan listrik dari dua titik potensial listrik
5. Menggunakan beban lampu 12 v 2 watt .

#### 2.4. Proses pengambilan data

Pengambilan data analisa terdiri dari pengukuran kecepatan udara dari sumber udara dengan menggunakan anemometer. Penempatan anemometer berada di antara sumber angin dan turbin. Pada saat pengukuran kecepatan angin, turbin tidak dipasang. Hal ini dilakukan agar kecepatan angin yang diukur anemometer sama dengan kecepatan angin yang menumbuk turbin. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan tiga variasi kecepatan angin, yaitu 3,0 m/s, 3,5 m/s, dan 4,0 m/s. Setelah kecepatan angin ditentukan, kemudian diukur banyaknya rotasi per menit (rpm) dari turbin yang diujikan dengan menggunakan *stroboscope*.

#### 2.5. Analisa data

Dari pengambilan data diperoleh hubungan antara putaran turbin (rpm) terhadap kecepatan angin dari masing-masing variasi sudut turbin. Dari data yang diperoleh maka selanjutnya data dianalisis dengan acuan teori yang ada.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi Analisa dan perhitungan torsi, kecepatan sudut, daya angin, generator dan efisiensi sistem, tip speed ratio.

#### 3.1. Perhitungan Torsi (T)

Perhitungan torsi menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$T = F \cdot l \quad (1)$$

$$T = m \cdot g \cdot l \quad (2)$$

#### 3.2. Perhitungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

Berdasarkan data hasil pengujian pada variasi kecepatan  $V_1 = 3$  m/s,  $V_2 = 3,5$  m/s,  $V_3 = 4$  m/s, didapatkan data putaran rotor turbin sebagai berikut :

- a. Pada kecepatan angin 3 m/s

Tabel 1 hasil pengujian pada kecepatan angin 3 m/s

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	$\pi$
1	3	457,6	
2	3	463,8	3,14
3	3	469,9	

Selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya kecepatan sudut dalam satuan rad/s, maka didapatkan data sebagai berikut :

$$\omega_1 = (2\pi \cdot n) / 60$$

$$\omega_1 = (2\pi \cdot n) / 60$$

$$\omega_1 = (2\pi \cdot n) / 60$$

- b. Pada kecepatan angin 3,5 m/s

Tabel 2. hasil pengujian pada kecepatan angin 3,5 m/s

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	$\pi$
1	3,5	542,5	3,14

2	3,5	554,6
3	3,5	561,7

Selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya kecepatan sudut dalam satuan rad/s, maka didapatkan data sebagai berikut :

$$\omega_2 = (2\pi.n)/60$$

$$\omega_2 = (2\pi.n)/60$$

$$\omega_2 = (2\pi.n)/60$$

c. **Pada kecepatan angin 4 m/s**

Tabel 3. hasil pengujian pada kecepatan angin 4 m/s

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	$\pi$
1	4	634,2	
2	4	641,5	3,14
3	4	653,1	

Selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya kecepatan sudut dalam satuan rad/s, maka didapatkan data sebagai berikut :

$$\omega_3 = (2\pi.n)/60$$

$$\omega_3 = (2\pi.n)/60$$

$$\omega_3 = (2\pi.n)/60$$

**3.3. Perhitungan daya angin (pin)**

Perhitungan daya angin menggunakan persamaan 3 dan 4.

$$Pin1 = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \tag{3}$$

$$Pin2 = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3 \tag{4}$$

**3.4 Generator dan Efisien Sistem**

Perhitungan daya generator menggunakan persamaan 5.

$$P_{gen} = V_{gen} \times I_{gen} \tag{5}$$

**3.4 Perhitungan Tip Speed Ratio (TSR)**

Perhitungan Tip Speed Ratio menggunakan persamaan 6.

$$TSR1 = \frac{Rpm}{M} \tag{6}$$

**3.5. Data Pengujian**

Tabel 4. Hasil dari pengolahan data dengan kecepatan angin 3.5 m/s bersudu 3

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	Torsi (Nm)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Daya Angin Pout (watt)	Daya Turbin Pin (watt)	Coefisien Daya (%)	Tip Speed Ratio (%)
1	3,5	542,5	0,3	56,8	17,0	194,9	8,7	15,1
2	3,5	554,6	0,3	58	17,4	194,9	8,9	15,5
3	3,5	561,7	0,3	58,8	17,6	194,9	9,0	15,7

Tabel 5 Hasil dari pengolahan data dengan kecepatan angin 3 m/s bersudu 3

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	Torsi (Nm)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Daya Angin Pout (watt)	Daya Turbin Pin (watt)	Coefisien Daya (%)	Tip Speed Ratio (%)
1	3	457,6	0,2	47,9	9,6	122,7	7,8	12,8
2	3	463,8	0,2	48,6	9,7	122,7	7,9	12,9
3	3	469,9	0,2	49,2	9,8	122,7	8,0	13,1

Tabel 6 Tabel pengujian kecepatan angin 4.0 m/s

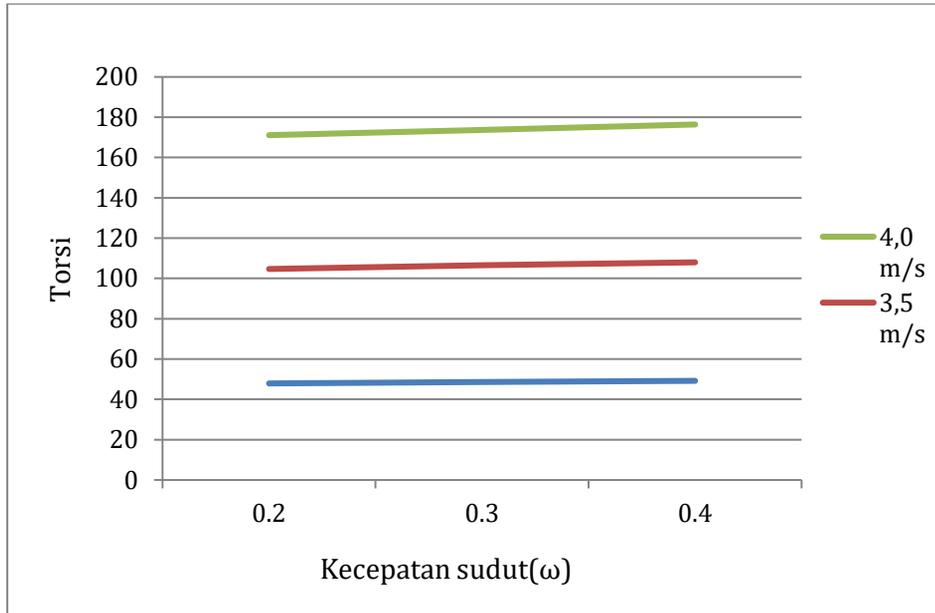
No.	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Kincir (rpm)	Torsi (Nm)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Daya Angin Pout (watt)	Daya Turbin Pin (watt)	Coefisien Daya (%)	Tip Speed Ratio (%)
1	4	634,2	0,4	66,4	26,6	290,9	9,1	17,7
2	4	641,5	0,4	67,1	26,8	290,9	9,2	17,9
3	4	653,1	0,4	68,4	27,4	290,9	9,4	18,2

### 3.6 Prosedur Penelitian

Di dalam prosedur penelitian ini membahas tentang bagaimana menganalisa performansi turbin angin horizontal bersudu 3, Pengaruh jumlah sudu pada kincir angin poros horizontal terhadap waktu dan putaran kincir baling- baling kincir angin dan analisa performansi Turbin Angin untuk mencapai daya maksimum.

### 3.7 Pengaruh variasi kecepatan angin pada *blade* terhadap putaran poros dan torsi.

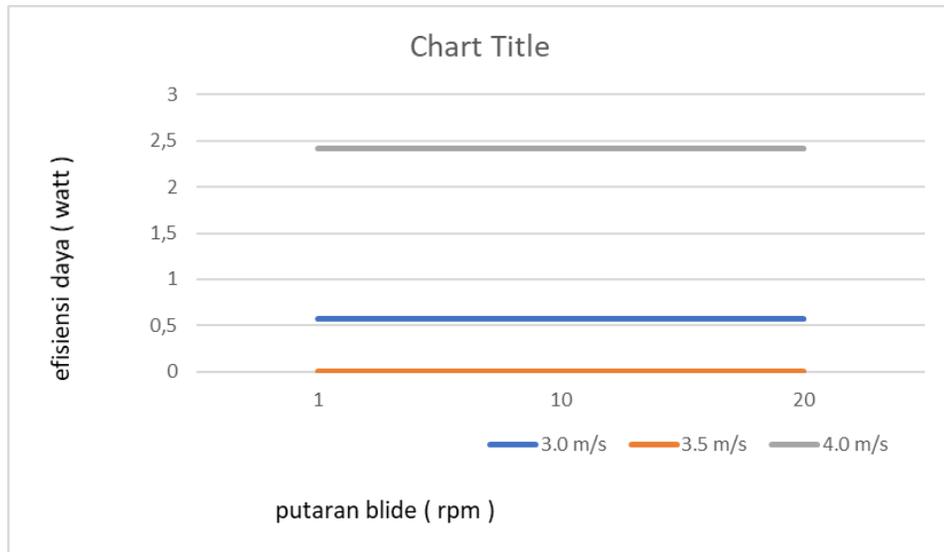
Pada saat kincir angin berputar diberikan sebuah pembebanan sehingga akan terjadi pengereman berupa gesekan antara poros serta tali nilon sehingga terjadi momen puntir pada poros yang dikenal dengan torsi. Hubungan antara torsi dan pembebanan yaitu berbanding lurus artinya semakin besar beban yang diberikan pada poros maka torsi yang terjadi juga semakin besar dan sebaliknya semakin kecil pembebanan yang diberikan pada turbin maka torsinya juga semakin kecil. Setiap pembebanan yang diberikan akan mengurangi putaran poros turbin angin. Kecepatan angin berbanding lurus dengan torsi maksimum yang terjadi terhadap putaran poros, semakin cepat kecepatan angin maka torsi maksimum yang terjadi juga semakin besar dan terjadi diatas putaran poros kecepatan angin sebelumnya, demikian pula sebaliknya. Penambahan kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap torsi yang terjadi.



Gambar 2. Grafik Pengaruh variasi kecepatan angin pada blade dan torsi terhadap putaran poros

### 3.8. Kinerja Turbin Angin Terhadap Daya Maksimum dan Efisiensi

Hubungan kinerja turbin angin terhadap daya maksimum.



Gambar 3. Kinerja Turbin Angin Terhadap Daya Maksimum dan Efisiensi

Berdasarkan Gambar diatas daya maksimum turbin angin diperoleh pada putaran poros optimum dari setiap kecepatan angin dan besar sudut. Sehingga grafik yang terbentuk merupakan hubungan polinomial antara daya dan putaran poros turbin angin. untuk setiap perubahan sudut blade juga menunjukkan bahwa setiap penambahan besar sudut blade dan kenaikan kecepatan angin maka daya yang dihasilkan juga semakin besar, untuk daya maksimum yang dihasilkan sebesar 58,2 watt pada putaran poros 210,2 rpm.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini yaitu setelah menganalisa kinerja turbin angin terdapat kecepatan angin sangat mempengaruhi output atau daya mekanik dan koefisien daya. Pada perhitungan torsi dapat di hasilkan sebesar 0,4 N.m, untuk perhitungan Kecepatan sudut sudu  $45^{\circ}$  menghasilkan nilai sebesar 68,4 rad/s, dan untuk perhitungan daya angin sendiri menghasilkan daya sebesar 290,9 watt, dengan kecepatan angin 4,0 m/s , dengan perubahan sudut sudu pada poros horizontal turbin angin kontra model berputar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardiatma Brian, Dkk. (2017) Rancang Bangun Mesin Turbin Angin Savonius Sebagai Penggerak Pompa Air. Jurnal Ilmiah, Surabaya:Jurusan Teknik Pemersinan Kapal, Politeknik Negeri Surabaya.
- [2] Bahri W Syamsul, Dkk. (2014) Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Empat Sudu Lengkung L. Jurnal Ilmiah, Langsa: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudera.
- [3] Hasrofiddin, Dkk. (2019) Perancangan Turbin Angin Tipe Hybrid Savonius Darrieus Sumbu Vertikal. Jurnal Ilmiah, Riau: Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji. Ikhsan Arfie Firmansyah dan Zulkarnain. (2) 1Perancangan Bilah Turbin
- [4] Pembangkit Listrik Tenaga Angin (LPT-Angin)Kapasitas 100 kW Menggunakan tуди Aerodinamika. Jurnal Ilmiah, Jakarta Selatan:Puslitbangtek Ketenagalistrikan Energi Baru, Terbarukan, dan Konversi Energi.
- [5] Machrus Ali, Dkk. (2015) Desain Pitch Angle Controller Turbin Angina Dengan Permanent Magnetic Synchronus Generator (PMSG) Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA). Prosiding SENTIA, Malang: Politeknik Negri Malang.
- [6] Parenden Daniel dan Ferdi H.Sumbang. (2013) Rancang Model Turbin Savonius Sebagai Sumber Energi Listrik. Jurnal Ilmiah, Merauke: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Musamus.
- [7] Pudjanarsa Astu dan Djati Nursuhud. (2017) Mesin Konversi Energi. Buku, Yogyakarta: Cv Andi Offset.
- [8] R.A. Siregar dan C.A. Siregar. (2019) Pembangunan Turbin Angin Darrieus- Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di *Belawan*. Jurnal Ilmiah, Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- [9] Rudianto Daniel Teguh Dan Nurfi Ahmadi. (2016) Rancang Bangun Turbin Angin Savonius 200 Watt. Seminar Nasional, Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
- [10] Kurniawan Adi, Amin Rois, Rochmad Winarso, Masruki Kabib, (2018), Uji Performa Sistem Coaxial Rotor Terhadap Generator Turbin Angin Sumbu Vertikal, Proseding SNATIF 2018, volume 5, No. 1,Fakultas Teknik UMK.