

**NASKAH PUBLIKASI**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP  
PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL  
NACA 4415**



Naskah publikasi ini disusun sebagai syarat  
untuk mengikuti Ujian Tugas Akhir  
pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun oleh:**

**Andi Susanto**

**NIM : D200110132**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
DESEMBER 2015**

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah publikasi berjudul “STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL NACA 4415”

Telah disetujui oleh pembimbing dan disahkan koordinator sebagai syarat untuk Seminar Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Andi Susanto

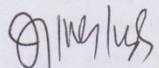
NIM : D200110132

Disetujui pada :


Hari :

Tanggal :



Pembimbing Utama

  
( Nur Aklis ST., M.Eng )

Pembimbing Pendamping

  
( Ir. Subroto, MT )

Ketua Jurusan

  
  
( Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D )

# **STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL NACA 4415**

**Andi Susanto, Nur Aklis, Subroto**

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : [andisusanto125@gmail.com](mailto:andisusanto125@gmail.com)

## **ABSTRAKSI**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut serang terhadap performa yang dihasilkan turbin angin sumbu horizontal dengan desain sudu airfoil tipe naca 4415 variasi sudut serang yang digunakan yaitu sudut serang  $0^\circ$ ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$ . Sudut serang atau *Angle of attack* adalah sudut yang dibentuk oleh tali busur sebuah airfoil dengan sudut aliran yang melewatinya.

Pengujian ini dimulai dengan memasang sudu turbin angin pada berbagai variasi sudut serang yang telah ditentukan, sudu turbin angin berjumlah 3 bilah sudu dengan diameter 3 meter menggunakan airfoil tipe naca 4415, selanjutnya dilakukan pengambilan data menggunakan alat ukur data looger, anemometer dan tachometer. Pada pengujian kondisi tanpa pembebanan data yang diambil yaitu kecepatan angin dan putaran rotor turbin angin, sedangkan pada pengujian kondisi terbebani oleh bolam lampu data yang diambil yaitu kecepatan angin rata-rata, voltase, ampere dan energi dari generator.

Hasil dari pengujian turbin angin terbebani bolam lampu menunjukkan bahwa variasi sudut serang berpengaruh terhadap akumulasi energy yang dihasilkan turbin angin, hal ini ditunjukkan pada kecepatan angin yang sama yaitu 8.933 m/s akumulasi energy yang dihasilkan pada sudut serang  $3^\circ$  sebesar 2.35 watt.jam dan akumulasi energy pada variasi sudut serang  $5^\circ$  sebesar 2.34 watt.jam, sedangkan pengaruh variasi sudut serang terhadap koefisien power turbin angin ditunjukkan pada variasi sudut serang  $0^\circ$  koefisien power yang dihasilkan yaitu sebesar 0.01269, koefisien power pada sudut serang  $3^\circ$  yaitu sebesar 0.016517, dan koefisien power pada variasi sudut serang  $5^\circ$  yaitu sebesar 0.010395

**Kata Kunci : Turbin angin, Sudut serang, Airfoil dan NACA**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP  
PERFORMA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL NACA 4415**

**Andi Susanto, Nur Aklis, Subroto**

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : [andisusanto125@gmail.com](mailto:andisusanto125@gmail.com)

**Abstraction**

The aim of this study was to determine effect the angle of attack on the resulting performance of horizontal axis wind turbines with airfoil blade design a variation of type naca 4415 used the angle of attack is the angle of attack  $0^\circ$  ,  $3^\circ$  and  $5^\circ$ . Angle of attack is the angle formed by the bowstring an airfoil with angle of flow through it,

Testing was started by installing wind turbine blades at various angles of attack that has been determined, wind turbine blades totaling 3 blades with a diameter of 3 meters using airfoil type naca 4415. Data capture is then performed using the data measuring instrument looger, anemometer and tachometer. In the test condition without loading the data taken is the wind speed and wind turbine rotor rotation, whereas the testing conditions burdened by the light bulb captured data is the average wind speed , voltage, amperage and energy from the generator.

Results of testing wind turbine burdened light bulb indicates that the variation of the angle of attack affect the accumulation of energy produced by wind turbines, this is indicated in the same wind speed is 8,933 m / s accumulation of energy produced at the angle of attack at 2:35 watt.jam  $3^\circ$  and the accumulated energy on the variation of the angle of attack at 2:34  $5^\circ$  watt.jam, while the influence of variation of the angle of attack of the wind turbine power coefficient ditunjukkan the coefficient of variation of the angle of attack  $0^\circ$  power generated is equal to 0.01269, the angle of attack power coefficient that is equal to 0.016517  $3^\circ$ , and the coefficient of variation of the angle of attack power on  $5^\circ$  that is equal to 0.010395

**Keywords : Wind turbines, Angle of attack and NACA Airfoil.**

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang dan menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kebutuhan masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan teknologi, industri dan informasi. Adanya energi fosil khususnya minyak bumi sebagai pembangkit listrik yang masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia semakin berkurang, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan kita harus berfikir untuk mencari energi alternatif penyedia energi listrik yang ramah lingkungan.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan penggunaan sumber energi baru yang dapat dikembangkan di Indonesia. Salah satu energi yang bisa menjadi alternatif adalah energi angin. Tenaga angin bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan alat berupa turbin angin. Tetapi turbin angin yang telah ada di pasaran dunia tidak begitu saja bisa diterapkan di beberapa wilayah Indonesia. Untuk itu diperlukan solusi dalam mendesain turbin angin yang paling optimal untuk dioperasikan di beberapa wilayah Indonesia. Salah satu hal yang dapat dimulai untuk mendesain sebuah turbin angin yang optimal adalah merencanakan blade turbin dengan menentukan bentuk Naca dan sudut serangnya.

Sudut serang atau *Angle of attack* adalah sudut yang dibentuk oleh tali busur sebuah airfoil dengan sudut aliran yang melewatinya. Kinerja suatu airfoil sangat dipengaruhi sudut serang, kinerja airfoil meliputi koefisien power dan akumulasi energy yang dihasilkan turbin angin. Telah banyak dilakukan penelitian performa turbin angin dengan menggunakan parameter utamanya yaitu sudut serang. Maka dari itu penulis akan mengembangkan pengujian turbin angin yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan beberapa variasi sudut serang yaitu sudut serang  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ , dan  $5^\circ$  untuk

mengetahui pengaruh sudut serang terhadap performa turbin angin yang paling optimal.

Bentuk geometri mempunyai standar penamaan tertentu. Salah satu yang paling sering digunakan didunia internasional adalah standar airfoil menurut *National Advisory Commite for Aerodinautics* (NACA). Berbagai variasi geometri airfoil kemudian bisa dituliskan dengan kode-kode tertentu menurut NACA. Ada enam jenis cara penamaan menurut NACA yaitu NACA 4-digit, 4-digit modified, 5-digit, 5-digit moified, 16-series, 6A-series. Beberapa bentuk geometri airfoil Naca yang ada antara lain adalah Naca 4412, Naca 4415, Naca 4418, Naca 6306, dan masih banyak lagi bentuk geometri airfoil Naca lainnya. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis melakukan studi eksperimen pengaruh sudut serang terhadap performa turbin angin sumbu horisontal Naca 4415.

## RUMUSAN MASALAH

Penelitian ini akan mengkaji bagaimana pengaruh sudut serang terhadap performa Turbin Angin menggunakan airfoil tipe naca 4415 diameter 3 m dengan variasi sudut serang  $0^\circ$ ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$ .

## TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui pengaruh sudut serang terhadap akumulasi energy yang dihasilkan turbin angin.
2. Mengetahui pengaruh sudut serang terhadap koefisien power yang dihasilkan turbin angin.

## TINJAUAN PUSTAKA

Serah (2004), Merancang, membuat dan menguji turbin angin sumbu horizontal tiga sudu berdiameter 2 meter menggunakan NACA 4415, Bahan sudu yang dipilih adalah kayu jenis albasia yang dilapisi fiberglass, peralatan pengujian turbin antara lain komputer, anemometer, ampermeter, voltmeter, lampu 1,8 watt dan 21 watt, kabel serta kerta, Hasil dari pengujian yang telah dilakukan antara lain: *speed increasing*

*transmission* 1 : 9,4 sudut *pitch* seragam 20° konstruksi yang relatif sederhana daya output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,479 watt pada kecepatan angin 5,7 m/s, *cut in speed* pada kondisi tanpa beban 2,9m/s dan pada kondisi dibebani 3 m/s, nilai tegangan maksimum pada kondisi tanpa beban 3,34v DC pada kecepatan angin 5,6 m/s, arus terbesar dihasilkan sebesar 0,42 ampere DC pada kecepatan angin 5,7 m/s.

Frimadi (2011), Merancang turbin angin tipe *downwind*, Persiapan perancangan dilakukan dengan cara menentukan diameter rotor, Sedangkan penentuan jumlah sudu rotor yang akan digunakan merupakan hasil optimalisasi grafik koefisien daya rotor sebagai fungsi dari *tip speed ratio* pada jumlah sudu rotor yang berbeda, Hasil dari pengujian ini turbin dapat mulai berputar pada kecepatan angin 2,34 m/s dan mulai menghasilkan daya listrik pada kecepatan angin 3,67 m/s, Turbin angin dapat berputar dengan baik pada kecepatan 5,7 m/s rotor dapat berputar sebesar 507,7 rpm, Rata-rata koefisien daya sebesar 0,04 beroperasi pada rentang kecepatan angin 0-11,2 m/s dengan pencapaian daya listrik maksimum sebesar 62,16 Watt di kecepatan angin 11,2 m/s, Dengan rata-rata kecepatan angin di Indonesia yang rendah namun terkadang bisa tiba-tiba sangat kencang pada waktu-waktu tertentu maka turbin angin tipe *downwind* 3 sudu diameter 2,4 meter dan *tip speed ratio* 7,95 sangat cocok dipasang di Indonesia.

**LANDASAN TEORI.**

**Turbin Angin.**

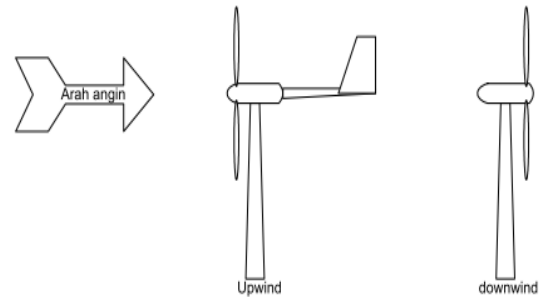
Turbin angin merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi gerak, Dimana energi penggerakannya berasal dari angin. Energi gerak selanjutnya diteruskan berupa putaran sudu dan poros generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan arah sumbu rotasi rotor turbin angin digolongkan menjadi 2 kelompok. Jenis yang pertama adalah *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*, atau sering dikenal dengan turbin angin aksial.

Sedangkan turbin angin yang kedua adalah *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*, atau turbin angin vertikal.

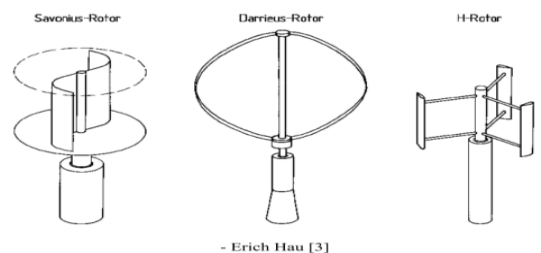
**Jenis-jenis Turbin Angin.**

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal(TASH),  
Turbin angin sumbu horizontal, atau biasa dikenal juga dengan sebutan turbin angin aksial, memiliki sumbu putar yang terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotornya selalu searah dengan arah angin yang datang dan generator yang terletak diujung menara. Sebagian menambahkan sebuah *gearbox* yang mengubah putaran kincir menjadi lebih cepat ketika berputar. Kelebihan dari turbin angin sumbu horizontal secara umum adalah memiliki koefisien daya yang relatif tinggi



Gambar 1 Turbin angin sumbu horizontal

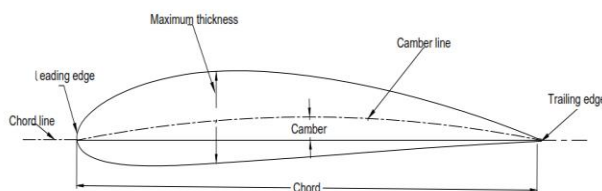
2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)  
Turbin angin sumbu vertikal adalah jenis turbin angin yang pertama dibuat manusia. Pada awalnya putaran rotornya hanya memanfaatkan efek magnus yaitu karena adanya selisih gaya *drag* pada kedua sisi rotor sehingga menghasilkan momen gaya terhadap sumbu putar rotor. Satu diantara contoh turbin angin sumbu vertikal jenis *drag* adalah turbin angin savonius, terdiri dari dua atau tiga lembar pelat yang dilengkungkan pada arah tangensial yang sama terhadap sumbu putar.



Gambar 2 turbin angin sumbu vertikal

## Airfoil dan NACA.

Airfoil atau sering kali disebut dengan nama Aerofoil merupakan hal yang penting dipelajari dalam aerodinamika oleh karena sebagian besar analisis akan berkisar disekitaran aerofoil. Airfoil adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan disuatu aliran fluida akan memproduksi gaya angkat (*lift*) lebih dari gaya hambatan (*drag*). Saat ini bentuk geometri yang sangat bervariasi sudah mempunyai standar panamaan tertentu. Salah satu yang paling sering digunakan didunia international adalah standar airfoil menurut *National Advisory Commite for Aerodinautics* (NACA). Nama atau kode penulisan airfoil dapat secara langsung memberikan informasi utama mengenai bentuk geometri airfoil.



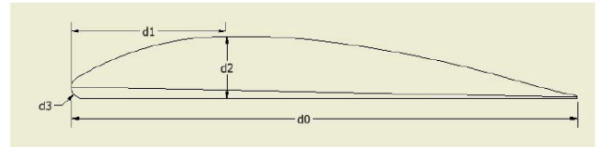
Gambar 3 geometri seri airfoil NACA

Keterangan :

1. *Chord line*  
Merupakan garis lurus yang menghubungkan pusat kelengkungan *leading edge* dan *trailing edge*.
2. *Leading edge*  
Adalah bagian depan, bentuknya berupa kurva sehingga udara akan mengalir dengan halus.
3. *Maximum thickness*  
Merupakan ketebalan maksimum yang diukur tegak lurus terhadap chord line. Ketebalan airfoil dinyatakan sebagai rasio ketebalan terhadap chord.
4. *Camber line*  
Garis ini diperoleh dengan menghubungkan titik-titik tengahan antara bagian atas dan bawah airfoil.
5. *Camber*  
Merupakan jarak maksimum camber line yang diukur dari garis chord.

Biasanya dinyatakan sebagai rasio terhadap chord.

6. *Chord*  
Merupakan jarak dari titik di kurva *leading edge* ke titik di *trailing edge*.
7. *Trailing edge*  
Trailing edge adalah titik yang paling belakang dari camber line. Berikut adalah contoh airfoil NACA 4415 ( empat digit ) beserta penjelasannya :

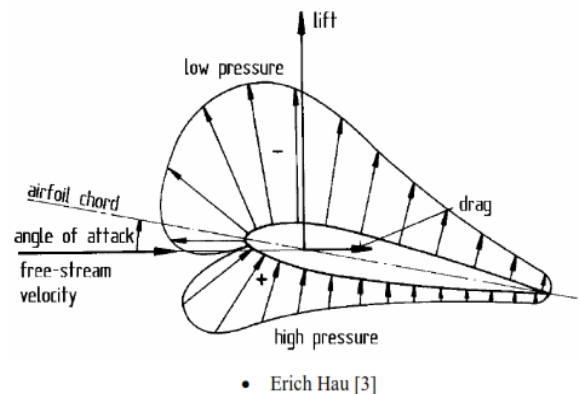


Gambar 4 airfoil naca 4415

- 4 = menunjukkan harga maksimum *chamber* dalam presentase terhadap chord (4% x panjang chord).
- 4 = Menunjukkan lokasi dari maksimum *chamber* dalam persepuluh chord (4% x panjang chord).
- 15 = Angka yang menunjukkan ketebalan maksimum airfoil yaitu 15% x panjang chord.

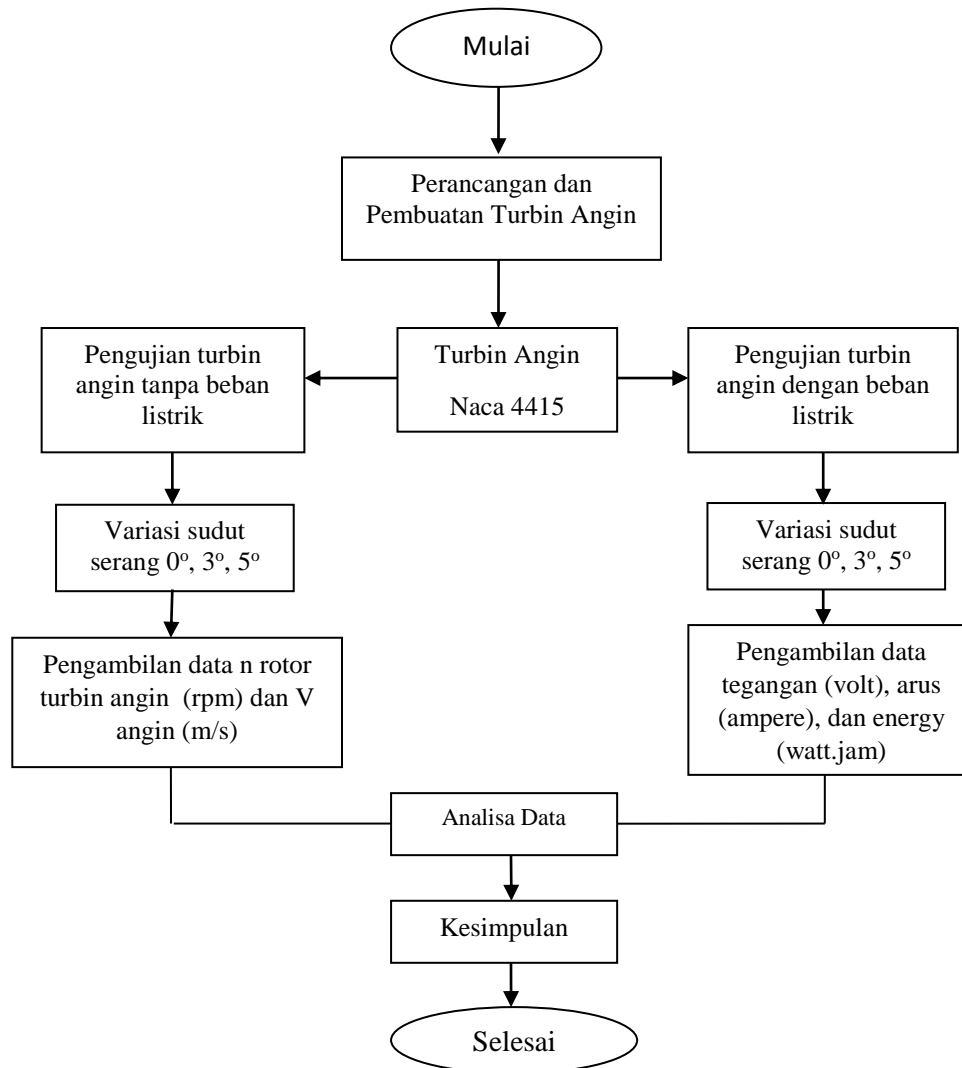
## Sudut serang (Angle of attack).

Sudut serang atau *Angle of attack* adalah istilah yang dipakai di dinamika yang mengalir untuk menjelaskan sudut antara garis pemandu pada badan pengangkat (seringnya adalah garis korda disebuah airfoil) dan vektor melambangkan gerakan relatif terhadap badan pengangkat dan aliran kemana dia bergerak. Sudut serang ialah sudut antara garis pemandu badan pengangkat dan aliran yang datang menyambut.



Gambar 5 Angle of attack.

## METODE PENELITIAN



Gambar 6 Skema diagram alir

### Tahapan Perancangan dan pengujian Turbin Angin:

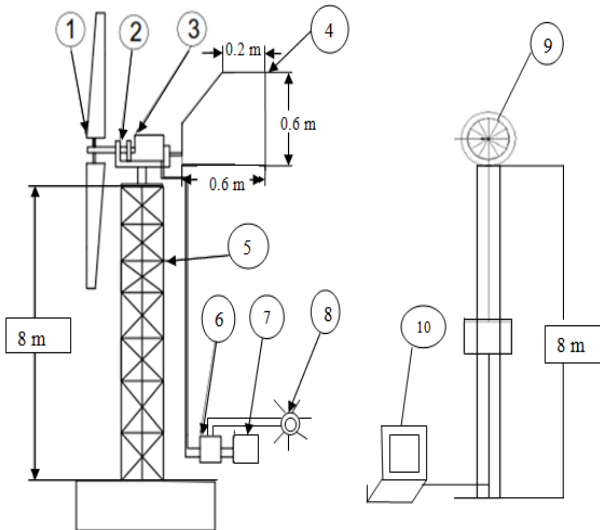
1. Menentukan spesifikasi awal dari turbin angin yang akan dirancang.
2. Menentukan diameter rotor, kecepatan angin nominal, dan jumlah sudu.
3. Menentukan airfoil.
4. Merancang *yaw mechanism*.
5. Membuat sudu turbin angin.
6. Merancang komponen-komponen dari turbin angin.
7. Merakit komponen-komponen dari turbin angin.
8. Melakukan pengujian performa dari turbin angin.

### Pengujian Turbin Angin

Tanggal = 16-September-2015  
Tempat = Pantai Pandansimo, Bantul  
Waktu = 09.00-16.30 wib

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pengujian kondisi tanpa pembebanan dan pengujian kondisi terbebani oleh bolam lampu. Data yang diperoleh saat pengujian terbebani oleh bolam lampu yaitu data Kecepatan angin rata-rata, data keluaran Voltase, ampere, daya dan energi dari generator, Sedangkan pada pengujian kondisi tanpa beban, Data yang diperoleh yaitu Kecepatan angin dan putaran rotor turbin angin.

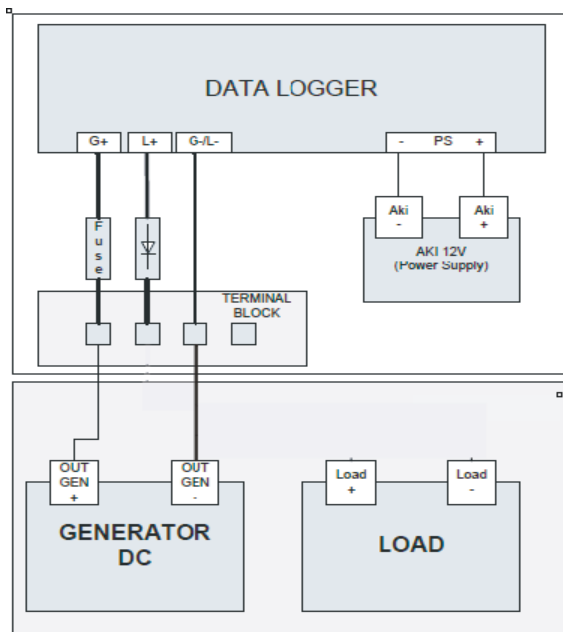




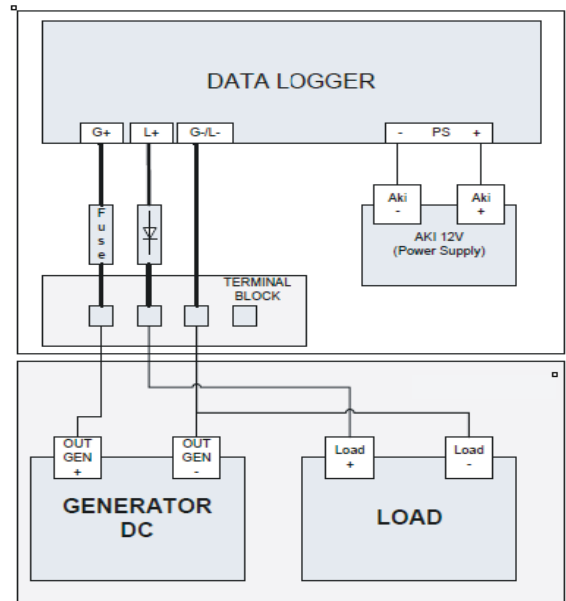
Gambar 7 Skema pengujian turbin angin

Keterangan :

1. Rotor/sudu.
2. Bearing/bantalan.
3. Generator.
4. Ekor pengarah.
5. Menara ( triangle ).
6. Data logger.
7. Bateray.
8. Bolam lampu.
9. Flow meter.
10. Laptop.



Gambar 8 Skema data looger tanpa pembebanan.



Gambar 9 Skema data looger dengan pembebanan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Turbin Angin :

Jenis Turbin Angin : Turbin Angin sumbu horizontal.

Variasi sudut serang :  $0^\circ$  ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$

Diameter Turbin Angin : 3 meter

Tinggi tiang Turbin Angin : 8 meter

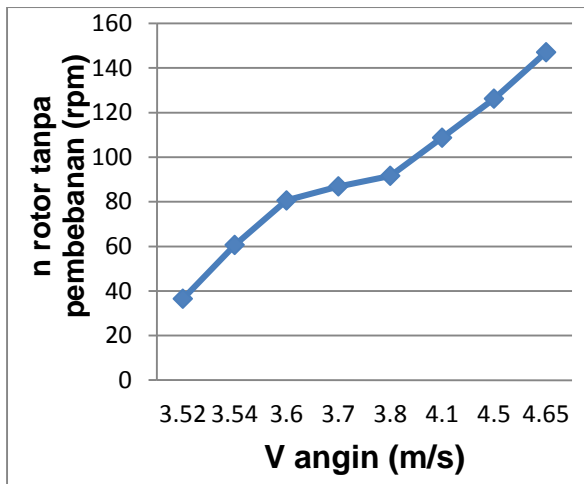
Beban : bolam lampu.

Desain Sudu Turbin Angin : (Lampiran)

**Data Pengujian Turbin Angin tanpa pembebanan (Rpm rotor Vs V angin).**

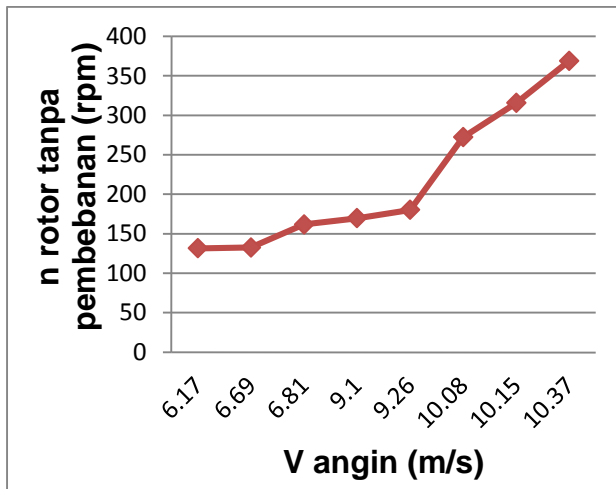
Tabel 1 pengujian turbin angin tanpa pembebanan variasi sudut serang  $0^\circ$  ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$

| Variasi sudut serang $0^\circ$ |                     | Variasi sudut serang $3^\circ$ |                     | Variasi sudut serang $5^\circ$ |                     |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
| V angin (m/s)                  | n rotor tanpa beban | V angin (m/s)                  | n rotor tanpa beban | V angin (m/s)                  | n rotor tanpa beban |
| 3.52                           | 36.5                | 6.17                           | 131.4               | 7.74                           | 192.1               |
| 3.54                           | 60.6                | 6.69                           | 132.5               | 8.88                           | 219.3               |
| 3.60                           | 80.6                | 6.81                           | 161.7               | 8.79                           | 227.8               |
| 3.70                           | 86.9                | 9.10                           | 169.7               | 9.64                           | 254.0               |
| 3.8                            | 91.6                | 9.26                           | 180.2               | 9.86                           | 258.8               |
| 4.1                            | 108.8               | 10.08                          | 272.2               | 9.98                           | 310.2               |
| 4.5                            | 126.2               | 10.15                          | 315.6               | 10.25                          | 319.2               |
| 4.65                           | 147.0               | 10.37                          | 369.0               | 12.34                          | 330.2               |



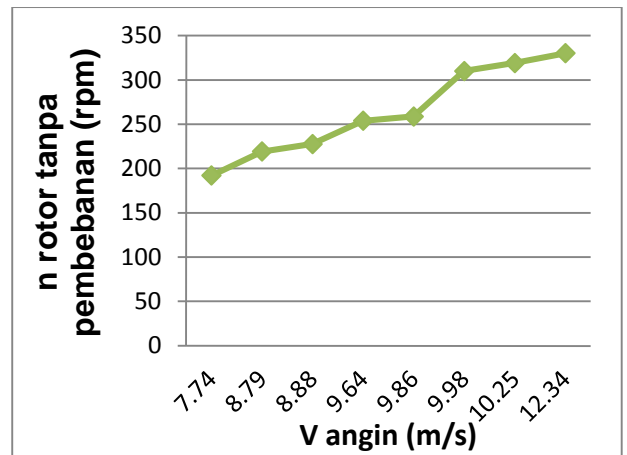
Gambar 10 hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran rotor tanpa pembebanan sudut serang  $0^\circ$ .

Gambar 10 menunjukkan bahwa variasi sudut serang  $0^\circ$  rotor turbin angin mulai berputar pada putaran 36.5 rpm dengan kecepatan angin sebesar 3.52 m/s dan putaran rotor turbin angin tertinggi yaitu 147 rpm pada kecepatan angin 4.65 m/s.



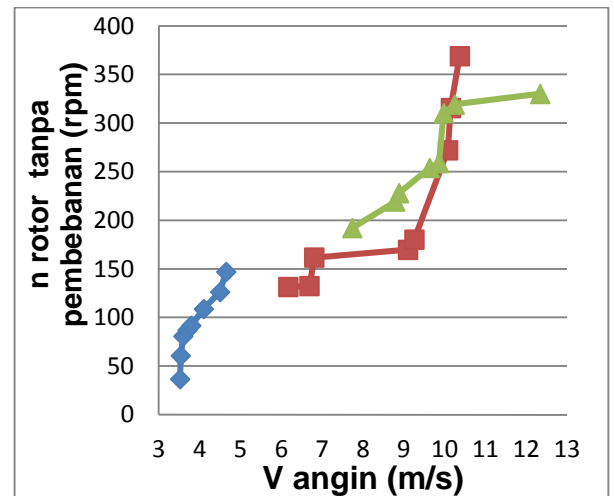
Gambar 11 hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran rotor tanpa pembebanan sudut serang  $3^\circ$ .

Gambar 11 menunjukkan bahwa variasi sudut serang  $3^\circ$ , rotor turbin angin mulai berputar pada putaran 131.4 rpm dengan kecepatan angin sebesar 6.17 m/s dan putaran rotor turbin angin tertinggi yaitu 369.0 rpm pada kecepatan angin 10.37 m/s.



Gambar 12 hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran rotor tanpa pembebanan sudut serang  $5^\circ$ .

Gambar 12 menunjukkan bahwa variasi sudut serang  $5^\circ$  rotor turbin angin mulai berputar pada putaran 192.1 rpm dengan kecepatan angin sebesar 7.74 m/s dan putaran rotor turbin angin tertinggi yaitu 330.2 rpm pada kecepatan angin 12.34 m/s.



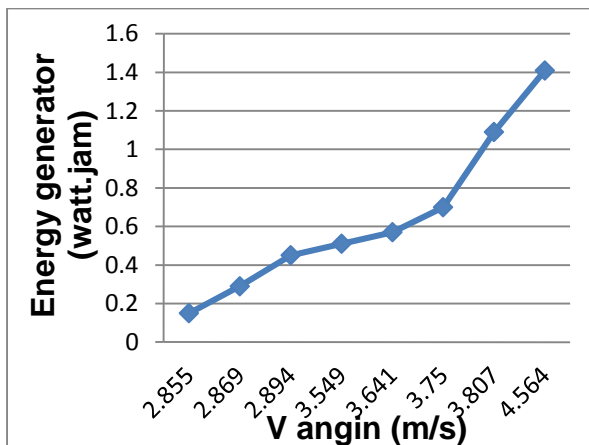
Gambar 13 hubungan n rotor vs V angin dari berbagai variasi sudut serang.

Gambar 13 menunjukkan bahwa kecepatan angin 9-11 m/s pada variasi sudut serang  $3^\circ$  didapatkan putaran rotor sebesar 369 rpm dan pada variasi sudut serang  $5^\circ$  putaran rotor yang dihasilkan hanya sebesar 319.2 rpm, Hal ini dapat disimpulkan pengaruh variasi sudut serang  $3^\circ$  mempunyai performa yang lebih optimal.

**Data pengujian turbin angin dengan pembebanan (Energi vs angin).**

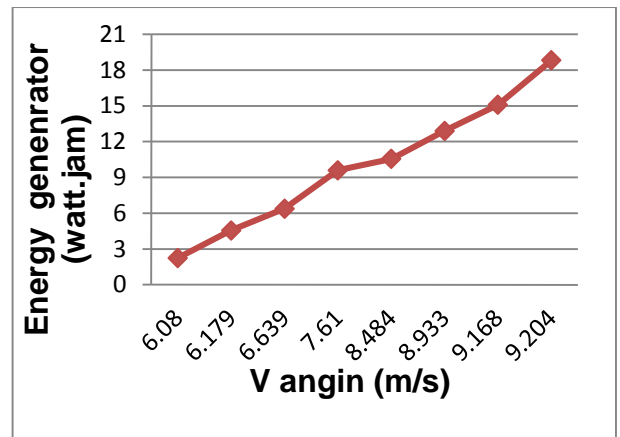
Tabel 2 pengujian turbin angin dengan pembebanan sudut serang 0°, 3° dan 5°.

| Variasi sudut serang 0° |                             | Variasi sudut serang 3° |                             | Variasi sudut serang 5° |                             |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| V angin (m/s)           | Energi generator (watt.jam) | V angin (m/s)           | Energi generator (watt.jam) | V angin (m/s)           | Energi generator (watt.jam) |
| 2.855                   | 0.15                        | 6.080                   | 2.24                        | 8.591                   | 3.10                        |
| 2.869                   | 0.29                        | 6.179                   | 4.55                        | 8.591                   | 5.28                        |
| 2.894                   | 0.45                        | 6.639                   | 6.38                        | 8.656                   | 7.50                        |
| 3.549                   | 0.51                        | 7.610                   | 9.60                        | 8.659                   | 10.10                       |
| 3.641                   | 0.57                        | 8.484                   | 10.55                       | 8.933                   | 12.36                       |
| 3.750                   | 0.70                        | 8.933                   | 12.90                       | 8.933                   | 14.70                       |
| 3.807                   | 1.09                        | 9.168                   | 15.10                       | 9.153                   | 17.70                       |
| 4.564                   | 1.41                        | 9.204                   | 18.83                       | 9.154                   | 20.20                       |



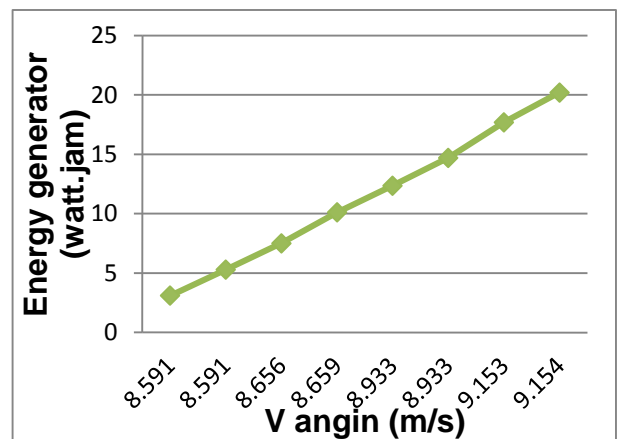
Gambar 14 hubungan antara kecepatan angin terhadap energy yang dihasilkan turbin angin pada sudut serang 0°.

Gambar 14 menunjukkan bahwa pada variasi sudut serang 0° turbin angin mulai menghasilkan energy yaitu 0.15 watt pada kecepatan angin 2.855 m/s dan dalam estimasi waktu 2 jam energy yang dihasilkan yaitu 1.41 watt pada kecepatan angin 4.564 m/s, Didapatkan pula untuk akumulasi energy terkecil yaitu 0.06 watt.jam pada kecepatan angin 3.849 m/s dan menghasilkan akumulasi energy sebesar 0.32 watt.jam pada kecepatan angin 4.564 m/s.



Gambar 15 hubungan antara kecepatan angin terhadap energy yang dihasilkan turbin angin pada sudut serang 3°.

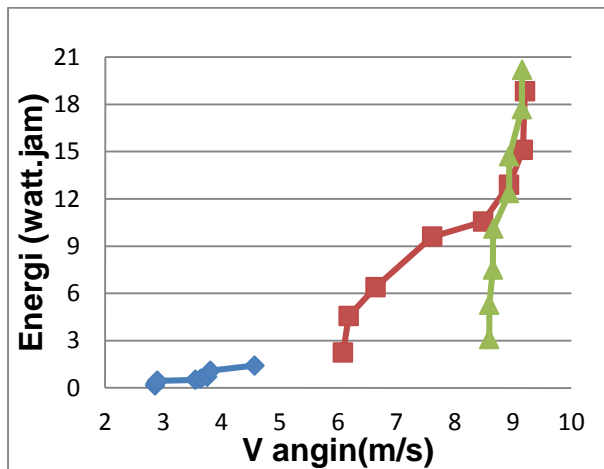
Gambar 15 menunjukkan bahwa pada variasi sudut serang 3° turbin angin mulai menghasilkan energy yaitu 2.24 watt pada kecepatan angin 6.080 m/s dan dalam estimasi waktu 2 jam energy yang dihasilkan yaitu 18.83 watt pada kecepatan angin 9.204 m/s, Didapatkan pula untuk akumulasi energy terkecil yaitu 0.95 watt.jam pada kecepatan angin 8.484 m/s dan menghasilkan akumulasi energy sebesar 3.73 watt.jam pada kecepatan angin 9.204 m/s.



Gambar 16 hubungan antara kecepatan angin terhadap energy yang dihasilkan turbin angin pada sudut serang 5°.

Gambar 16 menunjukkan bahwa pada variasi sudut serang 5° Turbin angin mulai menghasilkan energy yaitu 3.10 watt pada kecepatan angin 8.591 m/s dan dalam estimasi waktu 2 jam energy yang dihasilkan yaitu 20.20 watt pada kecepatan angin 9.154 m/s, Didapatkan pula untuk akumulasi energy

terkecil yaitu 2.18 watt.jam pada kecepatan angin 8.591 m/s dan menghasilkan akumulasi energy sebesar 3 watt.jam pada kecepatan angin 9.153 m/s.



Gambar 17 hubungan kecepatan angin dan energi pada variasi sudut serang 0°, 3°, dan 5°

Gambar 17 Menunjukkan bahwa pada kecepatan angin yang sama yaitu 8.933 m/s akumulasi energy yang dihasilkan pada sudut serang 3° sebesar 2.35 watt.jam dan akumulasi energy pada variasi sudut serang 5° sebesar 2.34 watt.jam, Maka dari itu dengan kecepatan angin yang sama, sudut serang 3° mempunyai hasil akumulasi energy yang lebih besar dibandingkan sudut serang 5°.

#### Data Hasil koefisien power pada sudut serang 0°, 3°, dan 5°.

Tabel 3 hasil koefisien power turbin angin variasi sudut serang 0°.

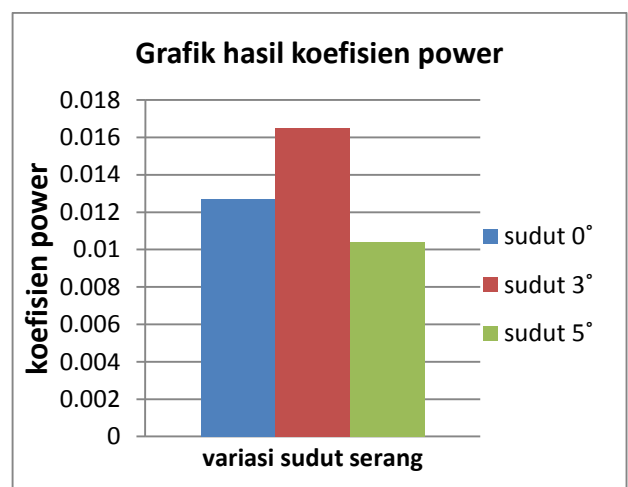
| V angin (m/s) | Daya teoritis | Daya listrik (watt ) | Cp       |
|---------------|---------------|----------------------|----------|
| 2.855         | 31.93969      | 0.2937               | 0.009195 |
| 2.869         | 32.41186      | 0.3782               | 0.011669 |
| 2.894         | 33.26656      | 0.5287               | 0.015893 |
| 3.549         | 61.35223      | 0.5941               | 0.009683 |
| 3.641         | 66.24825      | 0.8211               | 0.012394 |
| 3.75          | 72.37793      | 0.9622               | 0.013294 |
| 3.807         | 75.72878      | 1.1597               | 0.015314 |
| 4.564         | 130.4816      | 1.8364               | 0.014074 |
|               | Rata-rata     |                      | 0.01269  |

Tabel 4 hasil koefisien power turbin angin variasi sudut serang 3°.

| V angin (m/s) | Daya teoritis | Daya listrik (watt ) | Cp       |
|---------------|---------------|----------------------|----------|
| 6.08          | 308.4772      | 7.946                | 0.025759 |
| 6.179         | 323.7926      | 8.1952               | 0.02531  |
| 6.639         | 401.6246      | 9.1001               | 0.022658 |
| 7.61          | 604.876       | 9.1597               | 0.015143 |
| 8.484         | 838.1357      | 10.0702              | 0.012015 |
| 8.933         | 978.3728      | 10.332               | 0.01056  |
| 9.168         | 1057.636      | 10.6889              | 0.010106 |
| 9.204         | 1070.144      | 11.326               | 0.010584 |
|               | Rata-rata     |                      | 0.016517 |

Tabel 5 hasil koefisien power turbin angin variasi sudut serang 5°.

| V angin (m/s) | Daya teoritis | Daya listrik (watt ) | Cp       |
|---------------|---------------|----------------------|----------|
| 8.59          | 870.249       | 8.3742               | 0.009623 |
| 8.591         | 870.249       | 8.7308               | 0.010033 |
| 8.656         | 890.1518      | 8.9803               | 0.010089 |
| 8.659         | 891.0777      | 9.4351               | 0.010588 |
| 8.93          | 978.3728      | 9.7929               | 0.010009 |
| 8.933         | 978.3728      | 10.9635              | 0.011206 |
| 9.153         | 1052.453      | 11.316               | 0.010752 |
| 9.154         | 1052.798      | 11.4373              | 0.010864 |
|               | Rata-rata     |                      | 0.010395 |



Gambar 18 grafik hasil koefisien power variasi sudut serang 0°, sudut serang 3° dan sudut serang 5°.

Gambar 18 menunjukkan bahwa variasi sudut serang mempengaruhi hasil dari koefisien power turbin angin, Dari ketiga variasi sudut serang hasil koefisien power tertinggi ditunjukkan pada variasi sudut serang  $3^\circ$  yaitu sebesar 0.016517, Sedangkan hasil koefisien power variasi sudut serang  $5^\circ$  yaitu sebesar 0.010395 dan koefisien power sudut serang  $0^\circ$  yaitu sebesar 0.01269.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Setelah melakukan pengujian Turbin Angin Sumbu Horizontal Naca 4415 dengan variasi sudut serang  $0^\circ$ ,  $3^\circ$  dan  $5^\circ$  penulis dapat megambil kesimpulan yaitu:

1. Variasi sudut serang berpengaruh terdapat akumulasi energy yang dihasilkan turbin angin. Dengan kecepatan angin yang sama akumulasi energy yang lebih besar didapatkan pada variasi sudut serang  $3^\circ$ .
2. Variasi sudut serang berpengaruh terhadap koefisien power turbin angin. Koefisien power turbin angin tertinggi didapatkan pada variasi sudut serang  $3^\circ$ .

## **SARAN**

1. Perlunya perawatan Turbin Angin secara berkala guna mencegah beberapa kerusakan yang mungkin terjadi.
2. Diharapkan dari kalangan mahasiswa ataupun ilmuan untuk mengembangkan penelitian ini sehingga dapat menghasilkan performa turbin angin yang lebih optimal.
3. Perlunya menggunakan alat pengukur kecepatan putar poros turbin angin yang safety dan mudah digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Derenzo D. J., 1979, Wind Power, Recent Developments, Park Ridge, New Jersey, USA.
2. Erich Hau, 2005, Wind Turbine fundamentals, Technologies, Application, Economics, 2nd Edition, Terjemahan Horst Von Renouard, Springer, Germany.
3. Frimadi Ilham, 2011, Merancang Turbin Angin Tipe *Downwind*, Institut Pertanian Bogor.
4. Khafizhuddin, 2003, Membuat Desain Turbin Angin Diameter 6 Meter Sumbu Horizontal Sudut Serang 5° Kapasitas 1000 W Dengan Jumlah Sudu Turbin 3 Bilah, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
5. Panggih Raharjo, 2010, NACA  
[http://en.wikipedia.org/wiki/National\\_Advisory\\_Committee\\_for\\_Aeronautics](http://en.wikipedia.org/wiki/National_Advisory_Committee_for_Aeronautics)
6. Serah Indah, 2004, Merancang, Membuat Dan Menguji Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Berdiameter 2 Meter Menggunakan NACA 4415, Institut Pertanian Bogor.
7. Wikipedia, 2009, Kincir Angin, diakses 15 September 2014 dari  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Kincir\\_angin.htm](http://id.wikipedia.org/wiki/Kincir_angin.htm).
8. Wikipedia 2009, Tenaga Angin, diakses 26 September 2014 dari  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Tenaga\\_angin.htm](http://id.wikipedia.org/wiki/Tenaga_angin.htm)