

# PERANCANGAN SUDU-SUDU PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN TIPE SAVONIUS MINI

SURIANTO BUYUNG

Jurusan Teknik Mesin  
Program Study Diploma IV  
Politeknik Katolik Saint Paul Sorong  
Email : [buyung.surianto@gmail.com](mailto:buyung.surianto@gmail.com)

## ABSTRAK

*Pembuatan kincir angin sumbu vertikal dapat memanfaatkan potensi angin dari segala arah, sederhana dan tidak memerlukan tempat pemasangan yang begitu luas serta menghasilkan momen yang besar merupakan pertimbangan untuk mengembangkan turbin angin ini dalam kondisi angin di Indonesia. Tujuan pembuatan kincir angin sumbu vertikal ini adalah untuk mendapatkan alat dari kincir angin sumbu vertikal dan gambar dari alat tersebut. Hasil dari pembuatan kincir angin sumbu horisontal ini adalah dapat menghasilkan listrik yang bisa membantu untuk media pembelajaran pada kampus politeknik katolik saint paul sorong, adapun dengan pengukuran bahan yang di gunakan adalah taco meter dengan pengujian dilakukan selama 7 hari, setiap hari pengujian dimulai dari pukul 10.00 – 15.00 wit dengan beberapa jarak dengan menggunakan spesifikasi dari kecepatan kipas angin sebesar 220 m/menit dengan hubungan antara kecepatan dengan daya aktual dengan kecepatan yang rendah 3.29 m/s dengan daya yang dihasilkan 0.0000543 watt sedangkan untuk kecepatan 3,66 m/s yang dihasilkan daya sebesar 0,0065 watt.*

**Kata kunci :** *perancangan sudu-sudu Pembangkit listrik tenaga angin*

## ABSTRACT

*Making windmill tiner verticals can take advantage of the potensial of the wind from any direction simple and requires no place of mounting so widely and produces a moment that is the consideration to develop turbin the wind is the condition of the wind in Indonesia. The goal of the making windmill tiner verticals this is to get a of windmill tiner verticals and images of the tool is. The results of making windmill tiner horizontal this is can produces electricity can help to medium of learning on campus Polytechnics Katolik Saint Paul Sorong. As for the with measures of materials are used is tachometer with testing done for 7 days, every day the testing starts from 10:00 until 15:00 wit with some distance using specifications of the speed with the actual with low velocity 3,29 m/s with the produces 0,0000543 watt while for the speed 3,66 m/s produced power of 0,0065 watt.*

**Key words :** *planning of sudu-sudu, generator electric power wind*

## PENDAHULUAN

Angin merupakan sumber energi yang tidak pernah bisa habis karena ketersediannya di alam cukup banyak dan dapat diperoleh secara gratis selain itu tidak menimbulkan pencemaran pada udara. Energi yang terdapat pada angin dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi bagi keberlangsungan kehidupan

manusia, dimana energi angin diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin.

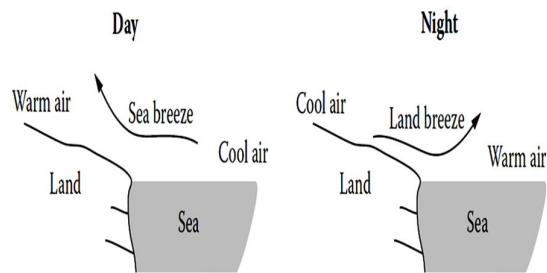
Berdasarkan uraian di atas tentang pentingnya energi dan begitu banyak kebutuhan akan energi maka penulis ingin membuat suatu Penelitian akan mengkaji Rancangan Sudu-Sudu Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Tipe Savonius Mini yang nantinya akan digunakan sebagai media pembelajaran tentang pembangkit listrik tenaga angin. Dengan

menganalisis rancangan sudu – sudu kincir angin vertikal tipe savonius dan berapa besar daya yang dihasilkan oleh pembangkit Listrik Tenaga angin Vertikal Tipe Savonius Mini.

### KAJIAN PUSTAKA

Angin merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari karena angin terjadi oleh adanya pemanasan yang tak merata pada permukaan bumi. Angin yang bergerak diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Tekanan udara yang telah memuai massa jenisnya menjadi lebih ringan sehingga naik dan apabila hal ini terjadi, maka tekanan udara akan turun. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi.

Gambar . Sirkulasi Udara Pantai



### Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

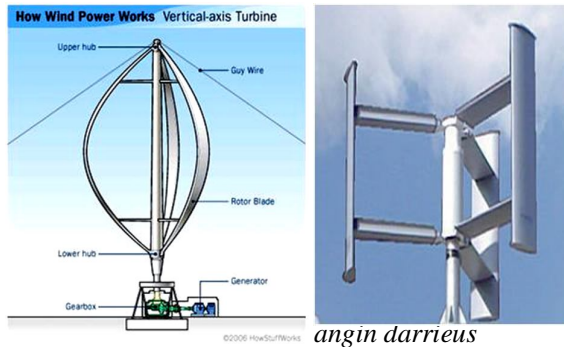
Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Jika dilihat dari efisiensi turbin, turbin angin sumbu horizontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibanding dengan turbin angin sumbu vertikal. Keunggulan dari turbin angin sumbu vertikal, yaitu :

- Posisi rotornya tidak harus berubah – ubah mengikuti arah angin.
- Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- Konstruksi turbin sederhana.
- Turbin angin sumbu vertikal dapat didirikan dekat dengan permukaan tanah, sehingga memungkinkan menempatkan komponen mekanik dan komponen elektronik yang mendukung beroperasinya turbin.

Jika dilihat dari aerodinamik rotor yang dipakai, maka turbin angin sumbu vertikal dibagi menjadi dua bagian.

### Turbin angin Darrieus

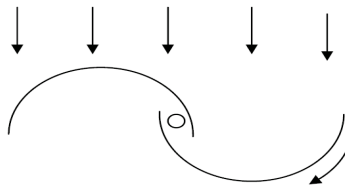
Turbin angin Darrieus pada umumnya dikenal sebagai turbin eggbeater, itu dikenalkan bentuk dari turbin ini mirip seperti telur. Turbin angin Darrieus pertama kali ditemukan oleh Georges Darrieus pada tahun 1931. Turbin angin Darrieus merupakan turbin angin yang menggunakan prinsip aerodinamik dengan memanfaatkan gaya lift pada penampang sudu rotornya dalam mengekstrak energi angin. Turbin Darrieus memiliki torsi rotor yang rendah tetapi putarannya lebih tinggi dibanding dengan turbin angin Savonius sehingga lebih diutamakan untuk menghasilkan energi listrik. Namun turbin ini membutuhkan energi awal untuk mulai berputar. Rotor turbin angin Darrieus pada umumnya memiliki variasi sudu yaitu dua atau tiga sudu. Modifikasi rotor turbin angin Darrieus disebut dengan turbin angin H.



### Turbin angin Savonius

Turbin angin Savonius pertama kali diperkenalkan oleh insinyur Finlandia Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari dua sudu berbentuk setengah silinder (atau elips) yang dirangkai sehingga membentuk 'S', satu sisi setengah silinder berbentuk cembung dan sisi lain berbentuk cekung yang dilalui angin seperti pada gambar II.14. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin ini memanfaatkan gaya hambat (*drag*) saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar daripada permukaan cembung. Oleh sebab itu, sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar daripada sisi lain sehingga rotor berputar. Setiap turbin angin

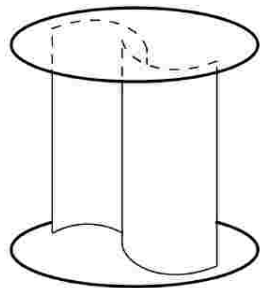
yang memanfaatkan potensi angin dengan gaya hambat memiliki efisiensi yang terbatas karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang melaluinya.



Gambar. Prinsip kerja turbin savonius

Dengan memanfaatkan gaya hambat, turbin angin savonius memiliki putaran dan daya yang rendah dibandingkan dengan turbin angin Darrius. Meskipun demikian turbin savonius tidak memerlukan energi awal memulai rotor untuk berputar yang merupakan keunggulan turbin ini dibanding turbin Darrius. Daya dan putaran yang dihasilkan turbin savonius relatif rendah, sehingga pada penerapannya digunakan untuk keperluan yang membutuhkan daya kecil dan sederhana seperti memompa air. Turbin ini tidak sesuai digunakan untuk pembangkit listrik dikarenakan *tip speed ratio* dan faktor daya yang relatif rendah.

Pada savonius dengan dua sudu, memungkinkan aliran fluida mengalir tegak lurus terhadap bidang sudu bagian cembung dan bagian cekung.



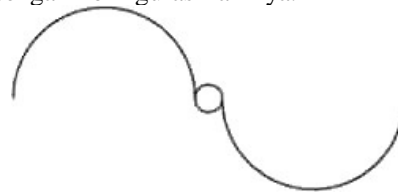
Gambar. Kincir angin savonius dengan dua sudu

Terdapat tiga variasi khusus bentuk rotor savonius dengan konfigurasi dua sudu, antara lain :

1) Konfigurasi tanpa *overlap*

Konfigurasi rotor Savonius ini tidak memiliki jarak celah antara kedua sudunya. Rotor ini memiliki kekuatan yang tinggi dikarenakan letak porosnya yang tepat berada di tengah kedua sudunya. Rotor dengan konfigurasi seperti ini memiliki

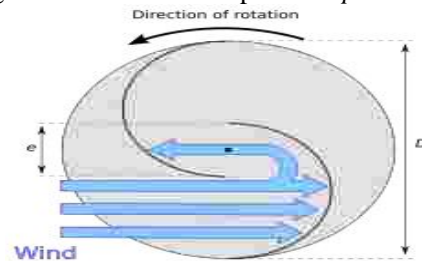
efisiensi yang paling rendah dibandingkan dengan konfigurasi lainnya.



Gambar. Savonius dua sudu tanpa *overlap*

2) Konfigurasi dengan *overlap*

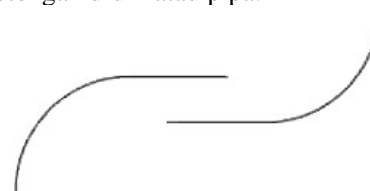
Konfigurasi rotor Savonius pada Gambar II.15 merupakan konfigurasi yang paling sering dijumpai. Jenis rotor ini memiliki celah antar *bucket* sehingga membuat arah angin yang dapat meningkatkan putaran dan dapat mengurangi getaran. Dengan konfigurasi *overlap*, rotor ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rotor Savonius tanpa *overlap*.



Gambar. Savonius dua sudu tanpa *overlap*

3) Konfigurasi dengan sudu didefleksi

Rotor Savonius tipe diatas mempunyai bentuk seperti huruf "L". Rotor tersebut memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding dengan rotor tipe pertama ataupun kedua. Tidak hanya keunggulan dalam membelokkan fluida, tetapi sudu seperti diatas mampu bertindak seperti airfoil ketika fluida menabrak tepi rotor dan menimbulkan sedikit *gayalift*. Dengan demikian mampu meningkatkan efisiensi. Tetapi tipe diatas relatif sulit untuk dibuat karena membutuhkan lembaran logam yang di rol, bukan dari potongan drum atau pipa.



Gambar. Savonius dua sudu bentuk "L" dengan *overlap*

## Komponen-Komponen Kincir Angin Vertikal dan Fungsinya

Kincir angin vertikal mempunyai komponen – komponen serta fungsi yang mendukung proses terjadinya perubahan energi dari energi angin berubah menjadi energi listrik. Komponen – komponen tersebut, yaitu :

### A. Turbin (Baling-baling)

Turbin atau yang biasa disebut baling-baling kincir digunakan untuk menampung angin yang datang dari berbagai arah dan menciptakan gaya gerak atau putaran.

### B. Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran utama. Disini poros turbin berfungsi sebagai penerus putaran dari turbin ke motor pembangkit listrik dimana terdapat lilitan (stator).

### C. Stator (lilitan)

Stator (lilitan) berfungsi untuk menghasilkan suatu arus listrik, dimana putaran turbin dan rotor (magnet) yang bergesekan dengan stator akan menghasilkan energy listrik.

### D. Rotor (magnet)

Rotor (magnet) berfungsi sebagai pemberi daya magnet pada stator agar menghasilkan daya arus.

## Perhitungan Daya Aktual

Untuk Menghitung Daya Aktual secara praktis menggunakan persamaan.

$$P = V \times I \dots\dots\dots(1)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

Studi pustaka adalah suatu metode yang di pergunakan dalam penelitian ilmiah yang dilakukan dengan membaca dan mengelolah data yang di peroleh dari literatur. data yang dibaca dan diolah adalah yang adalah data berhubungan dengan hasil –hasil penelitian yang telah dilakukan oleh parah peneliti sebelumnya.

Data yang diperoleh di kumpulkan. diolah dan melakukan verifikasi data yang di peroleh dari hasil pengujian dengan data pustaka untuk selanjutnya dilakukan analisa perbandingan. Adapun metode eksperimen yang dilakukan adalah dengan cara pembuatan alat kincir angin vertikal dilanjutkan dengan mengadakan

penelitian dan pengamatan langsung proses pembuatan kincir angin vertikal tipe savonius mini dan melakukan perhitungan untuk mengetahui perancangan sudu –sudu

## PEMBAHASAN

Adapun proses – proses ataupun tahapan-tahapan dalam pembuatan *Pembangkit Listrik Tenaga Angin Vertikal Tipe Savonius* adalah :

### Perancangan Sudu-Sudu

Pada proses pembuatan sudu – sudu atau blade pemilihan bahan yang baik dan konsep rancangan yang tepat sangat dibutuhkan. Untuk itu yang harus dilakukan dalam membuat blade adalah :

- Langkah pertama, buatlah pola setengah lingkaran pada sebuah papan dengan menggunakan jangka. Kemudian potong pola tersebut hingga rata dan baik.
- Pembuatan contoh gambar sudu dari sebuah tripleks yang tipis dan menggambar pada jangka dan mengambil jarak yang ditentukan pada titik tengah. dengan potongan sudu kincir tersebut.



Gambar. Pembuatan sudu kincir angin

- Langkah kedua pemotongan atau mengergaji sudu. Sudu (kincir) yang sudah di gambar dengan pensil tersebut dipotong menggunakan kater dengan baik dan benar.

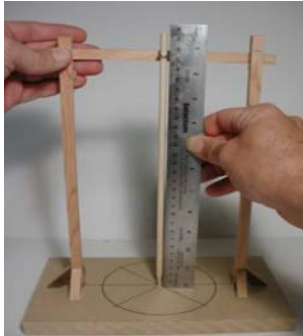


Gambar. Pemotongan sudu kincir angin

- Langkah selanjutnya, tentukan tinggi dari blade. Potong seng plastik (PVC) sesuai dengan tinggi dan lebar dari pola setengah lingkaran (blade) tersebut. Karena tinggi dan lebar permukaan blade mempengaruhi luas

energi angin yang ditampung pada blade tersebut, maka pembuatannya dilakukan dengan cara :

- a. Langkah pembuatan blade kincir angin tersebut tentukan tinggi dan diameter dari blade tersebut. Karena tinggi dan diameter mempengaruhi luasan energi angin yang diterima oleh blade. Setelah menentukan tinggi dari blade/sudu, kemudian buat sebuah lubang pada bagian tengah papan tersebut untuk menempatkan poros (As) dari blade tersebut dengan  $\varnothing$  10 mm.
- b. Berikan glue / lem pada tepi luar bagian tengah lingkaran. Berikan glue / lem pada tepi dalam potongan silinder plastik. Rekatkan penutup turbin berbentuk setengah lingkaran dan potongan turbin ke satu lalu rekatkan sisinya kepotongan turbin ke dua. Jika penutup atas telah direkatkan pada turbin maka rekatkan juga penutup bawah.
- c. Bor posisi tengah yang sudah di tandai dititik tengahnya pada blade tersebut. Ini nantinya yang akan diletakan besi untuk menyanggah blade kincir angin tersebut.dengan ukuran tinggi besi penyanggah tersebut yakni 55cm.



Gambar. Penyanggah blade kincir angin

### Pembuatan Kerangka Turbin Angin

Dalam pembuatan kerangka turbin angin ini ukuran yang digunakan, yakni T 0,5 cm dan L 50,6 cm. Setelah selesai pembuatan kerangka, pastikan semua poros berbentuk bulat dan bisa berputar dengan lancar dan pastikan semua besi siku dan penyanggah besi tersebut betul-betul berdiri tegak lurus untuk setiap benda yang menahan goyangan yang kuat harus mampu mereduksi putaran dari blade kincir angin tersebut.



Gambar. Kerangka turbin angin

### Pembuatan dan Pemasangan Stator (Lilitan)

Pada pembuatan stator (lilitan) bahan yang digunakan kawat tembaga. Adapun proses melilitnya adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama, lipat sebuah karton berbentuk silinder. Kemudian gunakan isolasi untuk merekatkan lipatan karton tersebut agar tidak terbuka.
- Langkah selanjutnya lakukan proses pelilitan kawat tembaga pada karton tersebut dengan jumlah putaran lilitan, yakni 200 putaran searah jarum jam (buat sebanyak 4 buah lilitan). Pada saat melilit kawat tembaga, pastikan ada jarak antara lilitan yang satu dengan lilitan yang lain.
- Pada awal sebelum gulungan pertama dan setelah gulungan terakhir, sisakan kawat lilitan untuk tempat pemasangan lampu. Lepaskan semua lilitan yang berada pada karton tersebut. Setelah lilitan dilepas gunakan isolasi untuk merekatkan sisi kiri dan kanan dari masing-masing lilitan



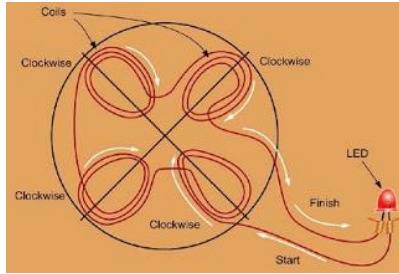
Gambar. Stator (lilitan)

Adapun langkah-langkah dalam pemasangan stator (lilitan) pada sebuah papan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Pertama, siapkan papan dengan ukuran P = 45 Cm dan L = 45,5 Cm kemudian buat pola berbentuk lingkaran pada papan tersebut. Selanjutnya, pola lingkaran yang sudah digambar tadi dibagi menjadi 4 sudut masing-masing mempunyai sudut kemiringan  $60^{\circ}$  untuk tempat merekatkan stator (lilitan).

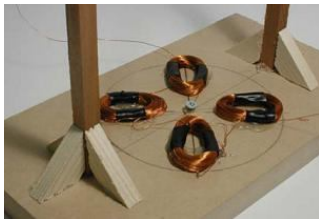


- Langkah berikutnya, ambil 4 buah lilitan yang sudah dibuat tadit kemudian rekatkan pada permukaan papan yang telah diberi pola tersebut.



Gambar. Pola stator lilitan

- Pembuatan lilitan gulungan pada papan kemudian dengan hasil akhir perancang membuat lingkaran bulat dengan tanda yang sudah di buat setelah itu pasang 4 coils / gulungan pada papan PLTA sesuai dengan yang telah di gambar pastikan electron bergerak sesuai arah jarum jam posisi start di pasang anoda (+) dari lampu Led dan posisi finish dipasang katoda (-) dari lampu led dan rekatkan tiap 4 gulungan pada bagian dasar papan PLTA secara simetris yang direkatkan adalah 2 tape isolasi hitam pada tiap gulungan dengan lem / glue pada dasar papan dengan penentuan hasil akhir.



Gambar. Stator lilitan pada papan

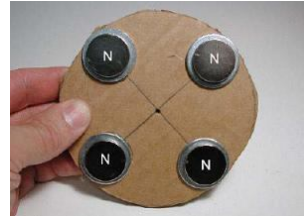
#### Pembuatan Papan Rotor (Magnet)

Pada pembuatan papan rotor (magnet) dibutuhkan 4 buah magnet dan sebuah papan. Adapun langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pembuatan rotor (magnet) adalah :

- Pembuatan magnet dengan cara merekatkan empat buah magnet. Pastikan lokasi magnet semua dengan lokasi lilitan pada bagian stator.
- Rekatkan empat buah magnet yang berbentuk bulat dengan menggunakan lem. Untuk pemasangan magnet tersebut harus lebih teliti, pastikan ketika memasang kita harus melihat sisi kutub-kutub pada magnet tersebut antara kutub sisi utara dan selatan

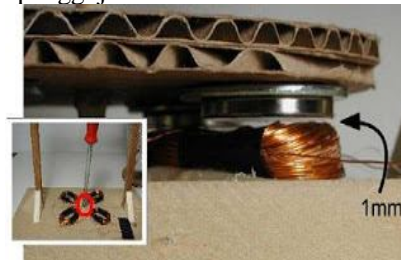
untuk ke empat magnet sisi lempengan kutub utara biasanya ada tanda khusus seperti tanda yang tidak berlawanan untuk memastikan kutub harus tidak saling bertolak belakang dan pasang stator rotor magnet dengan posisi magnet menghadap ke bawah ke arah / coil di papan dasar.

- Buatlah lubang pada papan sebagai tempat melewatnya poros. Rekatkan 4 buah magnet pada papan tersebut dengan menggunakan lem lilin. Pastikan kutub pada magnet yang menghadap ke bawah harus sama semua (gunakan kompas untuk menentukan yang mana kutub utara dan selatan).



Gambar. Stator magnet

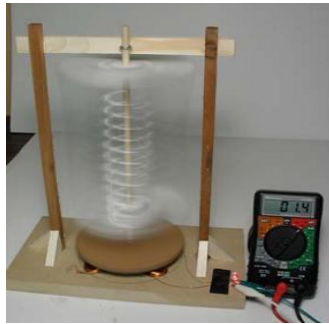
Kemudian atur posisi rotor magnet ( bagian berputar ) sedekat mungkin dengan bagian stator coil pastikan tidak sampai bersinggungan jika posisi sudah pas maka berikan penyetalan bagian dengan stator dan bagian poros turbin. Setelah di lem bersifat permanen kita bisa mengatur jarak rotor dan stator dengan menggendorkan atau cara mengencangkan baut yang terpasang pada dasar papan. Lihat lingkaran besi poros turbin pada tahap ini instalasi setelah selesai dan akan di lanjutkan ke bagian pengujian



Gambar. Jarak magnet dengan lilitan

#### Pengujian Alat

Pada bagian akhir ini. Pengujian dilakukan dengan memutar turbin PLTA. Kita bisa meletakkan diluar ruangan saat angin bertiup kencang atau kita bisa meniup dengan menggunakan kipas angin dan pastikan kipas angin tersebut mengarahkan ke turbin.



Gambar. Pengujian dan pengukuran

Pada saat turbin berputar maka rotor yang berisi magnet di bawah turbin akan ikut berputar sehingga menimbulkan arus pada bagian stator ( coil gulungan kabel ) yang di tempelkan di dasar papan jika kabel di hubungkan ke lampu LED. Maka lampu akan menyala kedap-kedip secara cepat hal ini wajar sebagai konsekuensi arus bolak balik ( AC ).



Gambar. Lampu LED

### Data Pengamatan

Untuk turbin angin dengan diameter 20,35cm. Data yang diamati adalah tegangan listrik dan kuat arus listrik yang dihasilkan oleh turbin pada beberapa jarak dengan menggunakan spesifikasi dari kecepatan kipas angin sebesar 220 m/menit.

Tabel. Spesifikasi kipas angin

Kipas angin duduk	18 inch
Ukuran baling-baling	40 cm/ 18 inch
Kecepatan angin	220 m/ min
Daya masukan	46 Watt
Tegangan/ frekuensi	220 V ~/50Hz

Berikut ini adalah hasil pengujian yang dihasilkan berupa jarak kipas, tegangan listrik dan kuat arus :

Tabel. Data Pengujian

Jarak kipas ke Turbin (cm)	Tegangan Listrik V (Volt)	Kuat Arus I (Ampere)
36	1,3	0,005 A
40	1,3	0,0000418

### Analisis Data

Untuk Mendapatkan Daya aktual yang dihasilkan turbin dari hasil pengamatan maka digunakan persamaan 2.1 yaitu

$$P = V \times I$$

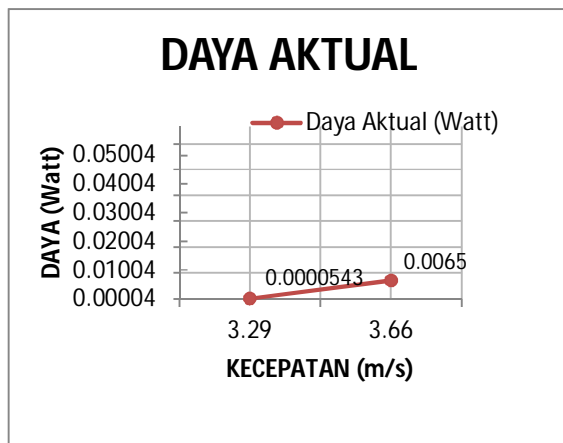
$$V = 220 \text{ m/menit} = \frac{220}{60} \text{ m/s} = 3,66 \text{ m/s}$$

Untuk tegangan paling konstan dihasilkan (1,3) volt

Tegangan rendah dihasilkan (0,1) volt

Tabel. Data Daya Aktual

Jarak Kipas ke Turbin (cm)	Kecepatan Angin (m/s)	Daya P (Watt)
40	3,29	0,0000543
36	3,66	0,0065



dengan Daya Aktual

Grafik hubungan antara Kecepatan dengan Daya Aktualhal ini dapat dilihat pada gambar. Dari grafik hubungan antara kecepatan dengan daya aktual dapat dilihat untuk kecepatan yang rendah 3,29 m/s daya aktual yang dihasilkan sebesar 0,0000543 Watt, sedangkan untuk kecepatan 3,66 m/s daya aktual yang dihasilkan sebesar 0,0065 Watt. Kenaikan kecepatan berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan, bahwa semakin besar kecepatan maka semakin besar pula daya yang dihasilkan baik secara aktual maupun teoritis. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kecepatan angin mempunyai peran yang sangat penting bagi daya yang akan dihasilkan, karena semakin tinggi kecepatan angin akan semakin kencang pula turbin akan memutar, sehingga semakin besar pula daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik

ini. Begitu pula sebaliknya semakin rendah kecepatan angin, maka akan semakin kecil pula daya yang dapat dihasilkan.

### **PENUTUP**

Dari hasil pembahasan yang diperoleh diatas, penulis menyimpulkan bahwa :

Tekanan indikator mesin berbahan bakar LPG motor Yamaha tipe Vega-R adalah 0,544 MPa dan tekanan efektif mesin adalah 0,450 MPa.

Daya indikator mesin berbahan bakar LPG motor Yamaha tipe Vega-R adalah 8,001 (10,9 HP) kW dan daya efektif mesin adalah 6,619 kW (9 HP).

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Halliday, david& Resnick, robert, 1984, fisika, edisi ke 3, erlangga Jakarta.
- Sumber : <http> “Adityo Putranto, Andika Praset, dkk. 2011. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga. Semarang. Universitas Diponegoro. Pdf.
- Sumber :<http> “Andreas Andi Setiawan, Rudy Soenoko, dkk. 2010. Pengaruh Jarak Celah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Savonius. Malang. Universitas Brawijaya. Pdf.
- Sumber :<http> “Andri Kusbiantoro. 2010. Pengaruh Panjang Lengkung Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Savonius. Malang. Universitas Brawijaya. Pdf.
- Sumber : <http>“Hasbullah, S.Pd., MT. Energi Angin (Wind Energy). Pdf.
- Sumber :<http> “Hendra A. 2012.Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Savonius. Universitas Brawijaya. Pdf.
- Pudjanarsa, astu & nursuhud, djati, 2006, Mesin Konversi Energy, edisi revisi, andi Yogyakarta, Surabaya.