

## RANCANG BANGUN PENGGERAK TURBIN ANGIN

Sutan Marsus<sup>1</sup>, Bambang Guntoro.<sup>2</sup>

Staff Pengajar Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik  
Politeknik Negeri Sriwijaya

Email : [Sutan\\_marsus@polsri.ac.id](mailto:Sutan_marsus@polsri.ac.id)

### ABSTRAK

Prinsip kerja turbin angin (kincir angin) ini adalah dengan kipas yang akan berputar otomatis karena adanya tiupan angin dan akan berputar bersama rotor karena berada pada satu poros yang sama sehingga stator akan menghasilkan energi listrik. Kemudian keluaran dari generator tersebut di ubah dari sumber arus bolak – balik (AC) menjadi sumber arus searah (DC) dengan menggunakan rangkaian Penyearah (rectifier) sebagai penyearahnya yang dipergunakan untuk mengisi akumulator 12 V, 30 Ah, dari aki tersebut kemudian keluarannya dihubungkan ke inverter untuk dibebani sumber arus AC.

Tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin ini relatif lebih kecil hanya sebesar 12,8 V untuk pengujian generator tanpa beban dengan variabel kecepatan angin sebesar 10,1 m/s. Untuk itu generator ini sangat efektif untuk digunakan di daerah pedesaan yang mempunyai potensi energi angin yang cukup tinggi dan sulit di jangkau oleh PLN. Sumber arus searah (DC) tersebut di simpan dalam aki (accumulator) kemudian diteruskan ke inverter untuk di bebani dengan sumber bolak – balik (AC), karena kecepatan angin untuk memutar turbin tidak konstan atau variabelnya berubah - ubah . Semakin cepat kecepatan angin yang ada semakin cepat pula poros turbin angin berputar sehingga berpengaruh pada keluaran dari generator menjadi lebih besar.

**Kata Kunci : turbin angin, rotor, stator, generator, inverter, rectifier, akumulator**

### Abstract

The wind turbine working principle is the fan that rotates automatically as the wind and will rotate with the rotor shaft because it was the same one that the stator will produce electrical energy. Then the output of the generator is converted from alternating current source - (AC) into direct current source (DC) by using her as a rectifier, rectifier circuit that is used to charge the accumulator 12 V, 30 Ah, then the output of the battery is connected to the inverter to be loaded AC current source.

Voltage to be generated by the wind turbine is relatively small, only amounting to 12.8 V for testing no-load generator with variable wind speed of 10.1 m / s. for the generator is very effective to use in rural areas which have the potential of wind energy is quite high and difficult to reach by PLN. Source of direct current (DC) is stored in the battery is then forwarded to the premises encumbered source inverter to alternating (AC), because the wind speed to turn the turbines are not constant and changing variables. The faster the wind speed is there, the faster the wind turbine shaft rotates so that the effect on the output of the generator becomes larger.

**Keywords: wind turbine, rotor, stator, generator, inverter, rectifier accumulator**

## I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Dengan bertambahnya penduduk maka kebutuhan akan energi listrik bertambah pula terutama pada masyarakat didaerah yang jauh dari pembangkit atau jaringan listrik. Jadi perlu sekali solusi untuk mengadakan energi listrik yang notabene adalah kebutuhan primer dari masyarakat masa kini. Salah satunya adalah pembangkit turbin angin. Pembangkit ini sangat cocok sekali didaerah yang belum terjangkau listrik PLN, yang daerah tersebut anginnya sangat memungkinkan untuk dibangun satu pembangkit turbin angin.

- Untuk mengetahui perhitungan biaya yang diperlukan.

#### Manfaat :

- Untuk mendapatkan energy listrik yang murah, mudah, dan berguna serta tidak ketergantungan dengan PLN, bagi semua orang yang menggunakannya.
- Untuk penghematan energy listrik. Sebagai referensi masukan tentang energy terbarukan bagi lembaga yang berhubungan dengan energy listrik.

### 1.2 Tujuan dan Manfaat :

#### Tujuan :

- Untuk mengetahui energy listrik yang terbarukan dalam skala kecil.
- Untuk mengetahui berapa besar energy yang dihasilkan.

### 1.3 Permasalahan

Mengingat semakin menipisnya persediaan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui . Oleh sebab itu pembangkit-pembangkit baru yang akan di bangun mulai dirancang untuk dapat memanfaatkan energi - energi yang dapat diperbaharui (*renewable*). Salah satu jenis

pembangkit yang dapat memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui dan cukup baik untuk di bangun di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Pada pembangkit listrik tenaga bayu, generator digerakan oleh turbin yang memanfaatkan energi angin.

#### 1.4 Metode Pembahasan

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan rancang bangun turbin angin perlu data-data akurat sebelum dan sesudah pembuatan turbin angin ini. Membuat market perencanaan dari turbin angin. Melakukan studi literature. Melakukan perhitungan secara teknik dan ekonomis.

Melakukan pengerjaan sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Defenisi

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak digunakan di Denmark, Belanda, dan Negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

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 penggunaan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Co: PLTD, PLTU), turbin angin masih lebih di kembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan di hadapkan dengan masalah kekurangan sumber data alam tak terbaharukan (Co : batu bara dan minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

### 2.2 Turbin angin sumbu horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah itu.



Gambar 1 Turbin angin sumbu horizontal.

Kelebihan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

1. Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin) antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi.

Kelemahan Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH):

1. Menara yang tinggi serta bilah yang panjang sulit diangkat dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya.
2. TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yang tampil.
3. Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, *gearbox*, dan generator.
4. TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
5. Ukuran yang tinggi merintangai jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan *landscape*.
6. Berbagai varian *downwind* menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.

### 2.3 Akki (Accumulator)

Accumulator atau sering disebut accu (aki) adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan aki untuk dapat menghidupkan mesin kendaraan (mencatu arus pada dinamostater kendaraan). Aki mampu mengubah tenaga kimia menjadi energi listrik. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari

proses kimia, yaitu elemen primer dan elemen sekunder.

Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksi (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros, contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells). Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik

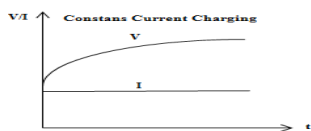
( secara umum dikenal dengan istilah 'dis-charge' ).

Akan tetapi tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan aki. Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak - balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam aki saat dipakai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

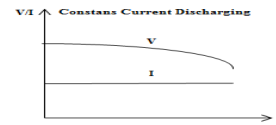
**2.3.1 Metode Pengisian Dan Pengosongan Aki [No. 2]**

Aki (Accumulator) merupakan salah satu media penyimpan energi yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor untuk menyalakan lampu dan sebagainya. Dalam proyek ini ,aki digunakan untuk menyimpan energi listrik yang berasal dari pembangkit listrik tenaga angin. Penelitian atau percobaan tentang pengisian dan pengosongan telah menghasilkan banyak sekali metode yaitu antara lain :

a. Proses pengisian dan pengosongan dengan arus konstan. Proses pengisian dan proses pengosongan dengan arus konstan yang ditunjukkan pada gambar 2.a dan gambar 2.b dapat diambil kesimpulan bahwa, proses pengisian dan pengosongan akan berakhir ketika waktu yang telah diset terlampaui atau apabila kapasitas aki yang ditentukan telah terpenuhi.

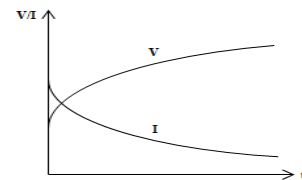


Gambar 2.a : Proses pengisian dengan arus konstan.

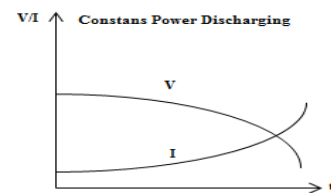


Gambar 2.b : Proses pengosongan dengan arus konstan.

Proses pengisian dan pengosongan dengan daya konstan. Proses pengisian dengan daya konstan yang ditunjukkan pada gambar 2.12 a dilakukan ketika tegangan naik dan arus turun, proses ini berakhir ketika set time terpenuhi atau tegangan pada battery terpenuhi. Sedangkan proses pengosongan dengan daya konstan yang ditunjukkan pada gambar 2.12 b dilakukan ketika tegangan aki turun dan arus naik dan pengosongan berakhir saat set time terlampaui atau tegangan beban terpenuhi.

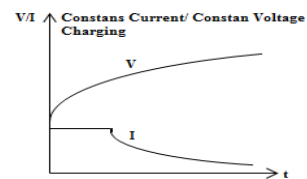


Gambar 3. a : Proses pengisian dengan daya konstan.



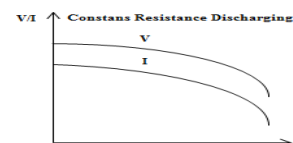
Gambar 3. b : Proses pengosongan dengan daya konstan.

b. Gambar 4: menunjukkan proses pengisian dengan arus konstan ketika tegangan terminal lebih rendah dari pada tegangan charge.



Gambar 4 : Proses pengisian dengan arus konstan/tegangan konstan.

c. Gambar 5 menunjukkan proses pengosongan dengan resistansi konstan ketika tegangan aki turun dan arus juga turun.



Gambar 5 : Proses pengosongan dengan resistansi konstan.

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian aki, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan (2.8):  
Lama pengisian aki :

$$t = \frac{Ah}{Ich}$$

Keterangan :

t = Lamanya pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas accumulator (Ampere hours)

Ich = Besarnya arus pengisian ke accumulator (Ampere)

Lama pengisian daya :

$$td = \frac{dayaAh}{dayaA}$$

Keterangan :

Td = Lamanya pengisian daya (jam)

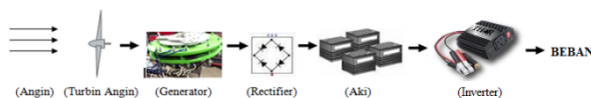
Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan accumulator (Watt hours)

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan accumulator (Watt)

### 3.Rancang Bangun

#### 3.1 Perencanaan Teknis

Perencanaan teknis digambarkan dengan diagram blok secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan pada gambar 6 Kincir angin dikopel dengan generator dan akan berputar karena aliran angin sehingga generator juga akan berputar dan maka menghasilkan yang digunakan untuk mengisi aki / baterai.



Gambar 6 : Diagram blok sistem generator magnet tetap dengan penggerak turbin angin.

Dengan memanfaatkan putaran turbin angin untuk menggerakkan sebuah generator AC dengan output maksimal 12V 30Ah. Tegangan output dari generator dimasukkan kedalam sebuah rangkaian bridge rectifier untuk di searahkan menjadi tegangan DC, kemudian output tersebut digunakan untuk mengisi aki / baterai kemudian ke inverter agar bisa dibebani dengan sumber AC. Lama pengisian accu bergantung dari besarnya arus output dari rectifier dan kecepatan angin. Bila kecepatan angin semakin besar maka output dari kontroler akan semakin besar sampai batas nominalnya yaitu 12 V<sub>DC</sub>. Aki yang digunakan adalah aki 12V / 30Ah. Tegangan output dari

pembangkit listrik ini hanya digunakan untuk melakukan isi ulang terhadap aki / baterai yang kemudian ke inverter agar bisa di bebani dengan sumber AC.

Berdasarkan gambar 3.1 perancangan perangkat ini meliputi:

1. Rancang bangun secara mekanik.
2. Rancang bangun secara listrik.

### 3. 2 Pengujian Alat

#### 3. 2. 1 Tujuan Pengujian

Pengujian alat merupakan tahap terpenting dari pembuatan suatu peralatan. Adapun tujuan dari pengujian Generator Magnet Tetap dengan Penggerak Turbin Angin adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besar tegangan yang di hasilkan.
2. Mengetahui kecepatan angin dan kecepatan putaran rotor.

#### 3. 2. 2 Langkah – langkah Pengujian

Pengujian alat dilakukan dilaboratorium perancangan politeknik negeri sriwijaya. Pengujian dilakukan dengan cara memutar blade pada turbin angin dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber anginnya dan menghubungkan Output dari dioda bridge ke multimeter untuk mengukur tegangan DC yang dihasilkan, sedangkan untuk mengukur kecepatan angin dan rpmnya dengan cara menempelkan alat pengujinyalangsung ke turbin angin. Adapun langkah – langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua peralatan yang digunakan dalam pengujian alat.
2. Menghidupkan Regulator tegangan
3. Menghidupkan Kipas angin.
4. Mengukur kecepatan putaran rotor, kecepatan angin pada turbin angin tanpa menggunakan generator.
5. Mengukur kecepatan putaran rotor, kecepatan angin, dan besar tegangan yang dihasilkan oleh generator tanpa beban.
6. Mengukur kecepatan putaran rotor, kecepatan angin, dan besar tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan menggunakan lampu 12V sebagai bebannya.
7. Menganalisa hasil pengujian. Adapun gambar pengujiannya sebagai berikut :



Gambar 7. Pengukuran tegangan dengan multimeter



Gambar 8 Pengukuran kecepatan putaran dengan Tachometer



Gambar 9 Pengukuran kecepatan angin dengan Anemometer

**3. 2. 3 Peralatan Yang digunakan.**

- 1. Kipas Angin 1 buah  
 Data Kipas Angin :  
 Tegangan = 220 - 250 V  
 Daya S= 1080 W  
 Kecepatan angin max = ± 15 m/s
- 2. Multimeter 1 buah
- 3. Anemometer 1 buah
- 4. Tachometer 1 buah
- 5. Regulator tegangan 1 buah



Gambar 10 Turbin Angin 6 Blade Sumbu Horizontal

**4. Hasil Dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Pengujian**

Berikut adalah data dari hasil pengujian yang dilakukan pada generator magnet tetap dengan penggerak turbin angin yang telah di buat. Adapun datanya sebagai berikut :

Tabel 1 Data pengujian turbin angin tanpa generator

No	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (rpm)
1	1,2	50
2	2,2	90
3	3,2	120
4	4,2	160
5	5,2	185
6	6,2	225
7	7,2	260
8	8,2	325
9	9,2	340
10	10,2	360

Tabel 2 Data Pengujian Turbin Angin Dengan Generator Tanpa Beban

No	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Tegangan (Vdc)
1	1,1	40	1,12
2	2,1	70	2,15
3	3,1	125	4,15
4	4,1	140	4,80
5	5,1	160	5,93
6	6,1	200	7,10
7	7,1	240	8,50
8	8,1	285	9,95
9	9,1	310	11,05
10	10,1	350	12,8

Tabel 3 Data Pengujian Turbin Angin Dengan Beban Lampu 12V

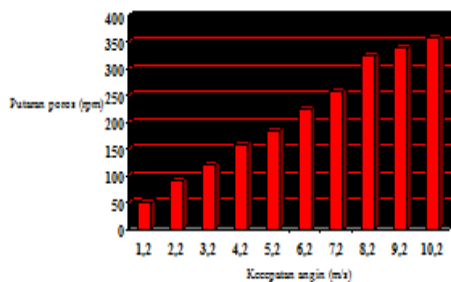
No	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Turbin (rpm)	Tegangan (Vdc)
1	1,1	38	0,10
2	2,1	65	1,10
3	3,1	110	2,60
4	4,1	130	3,20

5	5,1	155	4,70
6	6,1	185	5,18
7	7,1	220	6,59
8	8,1	290	9,10
9	9,1	300	9,71
10	10,1	340	10,50

4.2 Pembahasan

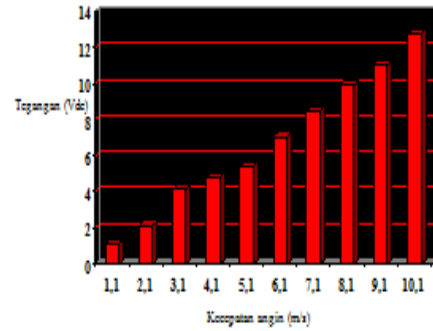
Pada tugas akhir ini telah diketahui bahwa cara kerja turbin angin adalah dengan 6 buah blade yang akan berputar otomatis karena adanya tiupan angin dan akan berputar bersama rotor karena berada pada satu poros sehingga stator akan menghasilkan energi listrik. Dari data pengujian dapat diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan turbin angin 6 blade ini relatif kecil atau sebesar 12,8 volt pada kecepatan angin 10,1 m/s pada tabel 4.2. Kecilnya tegangan turbin angin ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya bentuk turbin angin kurang aerodinamis yang menyebabkan masih besarnya gaya gesek yang ditimbulkan pada saat berputar sehingga mengurangi kecepatan yang dapat lebih besar dihasilkan.

Kesimetrisanporos, baik poros utama maupun poros blade juga mempengaruhi turbin kincir. Berat turbin angin beserta generatornya mencapai 6 kg, mempengaruhi efisiensi turbin angin, pemilihan material yang lebih ringan dan kuat memungkinkan untuk menambah efisiensi turbin angin terlihat pada hasil pengujian pada tabel 4.1. Tegangan yang terukur juga relatif kecil antara 1,12 volt hingga 12,8 volt. Dari hasil pengujian dapat diketahui, bahwa semakin besar luas penampang magnet semakin besar juga tegangan yang dihasilkan dan semakin kencangnya angin yang meniup turbin untuk berputar juga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan pada saat generator dibebani maupun tanpa beban seperti terlihat pada tabel hasil pengujian 4.2 dan 4.3.

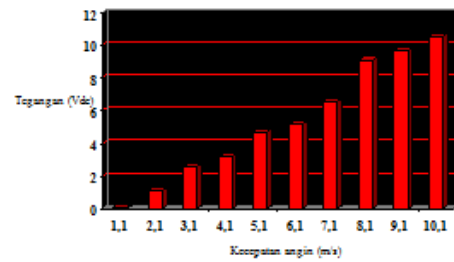


Gambar 4.1 Perbandingan antara kecepatan angin dan putaran poros

Gambar 11 Perbandingan antara kecepatan angin dan putaran poros



Gambar 12 Pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan generator tanpa beban



Gambar 13 Pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan generator berbeban

- × Perhitungan lama pengisian Aki pada kecepatan angin 4,1 m/s

Untuk melakukan pengisian aki 12 V 30 Ah dengan tegangan pada saat pengisian sebesar 3,20 V, Sumber pengisian harus mempunyai karakteristik tegangan konstan 14,4 V pada temperature kurang dari 30° C dan mempunyai batas arus 10% - 30% kapasitas baterai.

Arus pengisian antara :

- 0,1 x 30 = 3 A (untuk batas arus 10%)
- 0,3 x 30 = 9 A (untuk batas arus 30%)

Ich = 3 A dan 9 A

Berdasarkan rumus 2.8 didapat penyelesaiannya sebagai berikut:

$$(10\%) \quad t = \frac{AH}{Ich} = \frac{30}{3} = 10 \text{ jam}$$

$$(30\%) \quad t = \frac{AH}{Ich} = \frac{30}{9} = 3,3 \text{ jam}$$

- × Perhitungan lama pengosongan aki 12 V 30 AH dengan beban lampu 10 watt

Terlebih dahulu menghitung arus dayanya dengan berdasarkan rumus 2.9 :

$$dayaA = \frac{Beban}{Vdc}$$

$$dayaA = \frac{Beban}{Vdc} = \frac{10}{12} = 0,83 \text{ A}$$

$$td = \frac{dayaAH}{dayaA} = \frac{30}{0,83} = 36,14 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan waktu pengosongan aki selama 36,14 jam atau sekitar 36 jam dalam pemakaian lampu 10 watt pada aki 12V 30Ah. Untuk lama pengosongan aki tergantung dari beban yang dipakai, semakin banyak beban yang dipakai semakin cepat pula aki tersebut akan kosong.

- × Perhitungan daya Output pada inverter Lawrent dari input aki 12 V 30 Ah Berikut adalah persamaan antara  $P_{ac}$  dan  $P_{dc}$  :

$$P_{ac} = P_{dc}$$

$$V_{ac} \cdot I_{ac} \cdot \cos \phi = V_{dc} \cdot I_{dc}$$

$$220 \times I_{ac} \times 0,8 = 12 \times 30$$

$$176 I_{ac} = 180$$

$$I_{ac} = \frac{180}{176}$$

$$I_{ac} = 1,02 A$$

Pada persamaan diatas  $P_{ac}$  sama dengan  $P_{dc}$  dimana  $P_{dc} = 180$  watt, jadi daya output dari inverter tersebut adalah sebesar 180 watt juga. Adapun perhitungannya sebagai berikut setelah didapat  $I_{ac}$  :

$$P = V_{ac} \cdot I_{ac} \cdot \cos \phi$$

$$P = 220 \times 1,02 \times 0,8$$

$$P = 180 \text{ watt}$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada proses pembuatan didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam proses pembuatan generator magnet tetap dengan penggerak turbin angin ini ada 2 tahap pembuatan yaitu :
  - a. Perancangan Listrik  
Dimana prosesnya meliputi pembuatan generator dan rangkain rectifier.
  - b. Perancangan Mekanik  
Dimana prosesnya meliputi pembuatan turbin, tiang, dan ekor turbin angin
2. Cara kerja turbin angin ini adalah dengan blade yang akan berputar otomatis karena adanya tiupan angin dan akan berputar bersama rotor karena berada pada satu poros yang sama sehingga stator akan menghasilkan energi listrik.
3. Berdasarkan hasil pengujian generator tanpa beban pada tabel 4.2 didapat tegangan minimum adalah sebesar 1,12 V dan tegangan maksimum adalah sebesar 12,8 V dan generator berbeban pada tabel 4.3 didapat tegangan minimum 0,1 V dan tegangan maksimum 10,50 V dengan perubahan variabel kecepatan angin dari 1,1 – 10,1 m/s.

### 5.2 Saran

1. Sebaiknya menggunakan magnet neodimium berbentuk trapesium, sesuai dengan bentuk gulungan kumparan atau menyesuaikan antara bentuk kumparan dengan luas permukaan magnet.
2. Material pembuatan turbin angin harus menyesuaikan antara efisiensi dana yang terpakai dengan kemampuan tegangan yang dihasilkan.

### DAFTAR PUSTAKA

1. [http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin). di akses Juni 2012
2. Adityo Putranto, 2011, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk penerangan Ruah Tangga", Semarang, Indonesia.
3. *Dunnett, Simon. Khennas, Smail. Piggott, Hugh, 2001 "Small Wind Systems For Battery Charging". Department for international development, UK.*
4. *Vertical axis wind turbine*, [www.windgenkits.com](http://www.windgenkits.com).
5. [http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/global\\_winds.html](http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html). di akses Juni 2012
6. <http://mitulbooks.blogspot.com/2011/07/electrical-machines-drives-and-power.html>. di akses sep 2011
7. <http://ml.scribd.com/doc/52750355/M-DAN-R>. di akses Juni. 2012
8. *Theodore Wildi, 2007, "Electrical Machines, Drivers, and Power System" , Fifth Edition, USA*
9. Amir Febriansyah, 2012, Rancang Bangun Turbin Angin, Polsri