

## Pengujian Karakteristik Turbin Angin Propeler Tiga Sudu Sebagai Energi Alternatif Di Kecamatan Linggo Sari Baganti Kab. Pesisir Selatan

Fandhi X Vananda<sup>1)</sup>, Iskandar R<sup>1,\*</sup>)

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

E-mail: [iskandar@ft.unand.ac.id](mailto:iskandar@ft.unand.ac.id)<sup>\*)</sup>

### *Abstrak*

Keperluan manusia akan energi khususnya energi listrik merupakan bagian yang tidak terpisahkan seiring dengan kebutuhan hidup akan teknologi, industri dan informasi. Pemerintah saat ini berupaya untuk meningkatkan pasokan energi listrik ke seluruh wilayah, namun upaya peningkatan pasokan listrik belum mencapai seluruh wilayah Indonesia. Hal ini terbukti dengan adanya pemadaman listrik secara bergilir, salah satunya di Kecamatan Linggo Sari Baganti Kabupaten Pesisir Selatan. Di daerah tersebut sering terjadi pemadaman listrik, untuk itu diperlukan energi alternatif yang bisa menghasilkan energi listrik. Energi alternatif tersebut adalah energi dari angin. Kecepatan rata-rata angin di daerah Kecamatan Linggo Sari Baganti bisa mencapai 3 m/s sampai 6 m/s. Kecepatan angin tersebut bisa menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan turbin angin.

Sehubungan dengan hal tersebut dilakukan pembuatan turbin angin propeler tiga sudu untuk mendapatkan energi listrik. Untuk bentuk sudu dibuat berdasar bentuk airfoil NACA 2410 dimana acuan yang diambil hanya sudut turbin dengan bentuk sudu turbin. Sudu-sudu turbin terbuat dari plat aluminium yang diberi tulangan dari pipa sebagai penguat. Pengujian dilakukan di pantai Muara Kandis, Pesisir Selatan selama 6 jam. Dari penelitian yang dilakukan turbin angin mulai berputar pada kecepatan angin sekitar 2,8-3 m/s. Putaran maksimum rotor turbin adalah 30,24 rpm dengan kecepatan angin tertinggi 4,36 m/s. Daya rata-rata dan efisiensi rata-rata turbin angin adalah 18,68 Watt dan 23,85 %. Dan dari pengujian tegangan pada aki, turbin angin propeler tiga sudu mampu mengisi tegangan sebesar 4,7 volt.

**Kata kunci:** Propeler, airfoil, turbin angin

### *Abstract*

Human need especially on electrical energy is an unseparated part of needs on technology, industry and information. Present day, government is trying to increase electrical energy supply (for all this country), but the effort is not enough for all region. It can be proven by the situation that still there is regular by shut down of electrical power. An example for this is taking place at Linggo Sari Baganti of Pesisir selatan regency. For this situation, we need an alternative energy that can produce electrical energy. One of alternative energies is wind energy. The velocity of wind in this place can be from 3m/s until 6 m/s. By this velocity of wind, it can produce electrical energy by wind turbine using.

Related to topic, we made propeller turbine with three blades. The blades form is based on the form of air foil NACA 2410. They are made from aluminum plate with a pipe as frame. The experiment is done at Muara kandis beach, Pesisir Selatan for 6 hours. From this research is done, the wind turbine began to rotate at about 2.8 – 3 m/s wind velocity. The maximum rotation of turbine rotor is 30.24 rpm with the highest wind velocity is 4.36 m/s. The average power and efficiency of wind turbine are 18.68 watt and 23.85%. And voltage of a rechargeable battery is able to charge about 4.7 volt.

**Keywords :** Propeller, airfoil, wind turbine

## 1. Pendahuluan

Keperluan manusia akan energi khususnya energi listrik merupakan bagian yang tidak terpisahkan seiring dengan kebutuhan hidup akan teknologi, industri dan informasi. Pemerintah saat ini berupaya untuk meningkatkan pasokan energi listrik ke seluruh wilayah, namun upaya peningkatan pasokan listrik belum mencapai seluruh wilayah Indonesia. Hal ini terbukti dengan adanya pemadaman listrik secara bergilir, salah satunya Kecamatan Linggo Sari Baganti Kabupaten Pesisir Selatan. Di daerah tersebut sering terjadi pemadaman listrik, minimal sekali sehari akan terjadi pemadaman listrik. Keadaan tersebut akan semakin parah bila musim kemarau melanda Sumatera Barat dimana listrik di Sumatera Barat kebanyakan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) akan kekurangan penghasilan daya listrik.

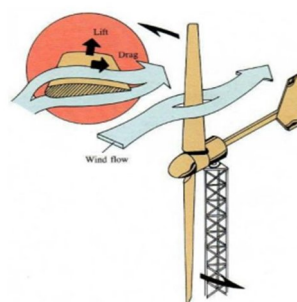
Berdasarkan pertimbangan tersebut perlu dicari sumber energi lain yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu sumber energi yang bisa dimanfaatkan adalah energi angin. Kecepatan rata-rata angin di daerah Kecamatan Linggo Sari Baganti bisa mencapai 3 m/s sampai 6 m/s, dengan kecepatan angin tersebut bisa menghasilkan energi listrik dengan cara menggunakan alat yaitu turbin angin. Turbin angin akan menghasilkan putaran poros yang dihasilkan oleh energi angin yang dikonversikan oleh rotor turbin kemudian digunakan generator untuk menghasilkan energi listrik.

## 2. Tinjauan Pustaka

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk menerima energi kinetik dari angin. Awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya. 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. Turbin angin 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<sup>[1]</sup>.

### 2.1 Prinsip Kerja Turbin Angin

Turbin angin adalah suatu alat yang didesain untuk menangkap energi kinetik angin. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin berupa energi mekanik poros yang diperoleh dari konversi energi yang terkandung dalam angin (energi mekanik, energi dalam, atau energi tekanan) menjadi energi mekanik berupa torsi dan putaran<sup>[2]</sup>. Sebuah unit turbin angin biasanya memiliki dua atau tiga sudu, tergantung keperluannya. Namun ada juga turbin angin memiliki sudu yang banyak gunanya untuk menangkap aliran udara (angin) yang memiliki kecepatan rendah. Aliran udara (angin) yang melewati sudu-sudu menciptakan daerah yang bertekanan lebih tinggi pada permukaan bawah (bagian perut) dari pada permukaan atas (bagian punggung) seperti terlihat dalam Gambar 1, hal ini akan menghasilkan gaya angkat (*lift force*), aliran udara juga menimbulkan gaya seret (*drag force*), gaya angkat jauh lebih besar dari gaya seret. Kombinasi gaya angkat dan gaya seret menyebabkan timbulnya energi mekanik rotasional rotor dan poros rotor, ditransmisikan memakai sistem transmisi roda gigi, *pulley* dan lain-lain untuk memutar poros pompa atau generator listrik.



Gambar 1. Prinsip kerja turbin angin<sup>[3]</sup>

### 2.2 Konsep Jumlah Sudu

Jumlah sudu (*blade*) pada turbin angin sangat bervariasi dan mempengaruhi setiap kinerja dari turbin angin tersebut. Penggunaan jumlah sudu tergantung dari keadaan lingkungan kerja dari turbin dan penggunaan dari turbin tersebut, misalkan pada daerah kecepatan angin rendah orang biasanya menggunakan turbin angin tiga sudu karena sudu tersebut bisa menangkap energi angin lebih efektif dari jumlah sudu yang sedikit. Hal ini bisa kita simpulkan bahwa jumlah sudu bisa mempengaruhi dari kinerja turbin angin.

- Konsep satu sudu, sulit setimbang, membutuhkan angin yang sangat kencang untuk menghasilkan gaya angkat memutar, dan menghasilkan *noise* di ujungnya. Konsep ini telah dikembangkan sukses di Jerman.
- Konsep dua sudu, mudah untuk setimbang, tetapi kesetimbangannya masih mudah bergeser. Disain suduharus memiliki kelengkungan yang tajam untuk dapat menangkap energi angin secara efektif, tetapi pada kecepatan angin rendah (sekitar 3 m/s) putarannya sulit dimulai.
- Konsep tiga sudu, lebih setimbang dan kelengkungan sudulebih halus untuk dapat menangkap energi angin secara efektif. Konsep ini paling sering dipakai pada turbin komersial.
- Konsep multi sudu(misalnya 12 sudu), justru memiliki efisiensi rendah, tetapi dapat menghasilkan momen gaya awal yang cukup besar untuk mulai berputar, cocok untuk kecepatan angin rendah walaupun dioperasikan dengan transmisi *gear* sampai 1:10. Memiliki profil suduyang tipis, kecil, kelengkungan halus, dan konstruksi yang solid. Konsep ini banyak dijumpai pada turbin angin untuk keperluan memompa air, menggiling biji-bijian, karena murah dan mampu bekerja pada kecepatan angin rendah sehingga *tower* tidak perlu terlalu tinggi dan air dapat dipompa secara kontinu.

Konsep dua dan tiga sudumembutuhkan momen gaya awal yang cukup untuk mulai proses putaran dan dapat menjadi kendala bila mesin memiliki rasio transmisi *gear* lebih dari 1:5 pada kecepatan angin rendah.

### 3. Metodologi

#### 3.1 Pembuatan Turbin Angin

##### 3.1.1 Pembuatan Sudu

Untuk pembuatan sudu turbin angin propeller digunakan plat aluminium dengan tebal 1 mm. Pemilihan plat aluminium ini karena mudah dibentuk dan tidak mudah patah. Untuk bentuk sudu dibuat berdasarkan *airfoil* NACA 2410 dimana acuan yang diambil adalah sudut turbin dengan bentuk sudu turbin. Menurut literatur yang ada penggunaan bentuk sudu turbin dengan berdasarkan *airfoil* NACA 2410 cocok untuk daerah yang memiliki angin relatif kecil karena memiliki gaya angkat yang besar.

Pada Tabel 1 diperlihatkan dimensi dari sudu turbin berupa radius sudu, dan sudut serang dari sudu turbin angin yang dibuat.

Tabel 1 Radius dari layer-layer pembuatan sudu

layer	Radius (meter)	Chord (meter)	$\beta^\circ$
1	0.1	0.45	40
2	0.2	0.23	30
3	0.3	0.15	20
4	0.4	0.12	13
5	0.5	0.1	7
6	0.6	0.1	5
7	0.7	0.1	5
8	0.8	0.1	0
9	0.9	0.1	0
10	1	0.1	0

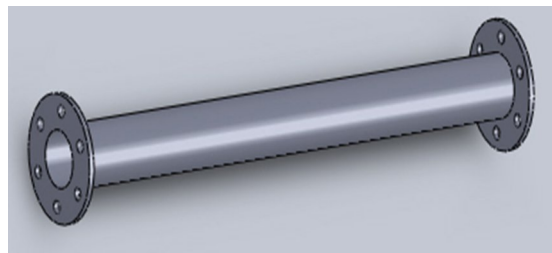
Proses pembuatan sudu turbin angin plat aluminium dibagi menjadi 10 layer. Hal ini dilakukan agar mempermudah dalam proses pembuatan sudu turbin angin baik dalam proses pengukuran walaupun pemotongan. Kemudian plat aluminium dipotong sesuai dengan ukuran yang ada pada Tabel 1. Setelah itu tepi dari plat aluminium dibengkokkan seperti pipa agar plat aluminium tidak melendut. Agar sudu tidak terjadi lendutan disaat pengujian diberi rangka pipa sebesar ½ inci. Pemberian pipa berfungsi penguat dari sudu dan sebagai penyambung sudu ke bagian hub turbin. Pada ujung pipa ½ inci diberi lubang sebanyak 3 buah yang berfungsi untuk memasukan baut ke hub turbin angin tersebut. Sudu turbin angin dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Sudu turbin Angin

### 3.1.2 Pembuatan Menara Turbin Angin

Untuk pembuatan menara turbin angin, dipilih pipa besi berdiameter 10 cm, dengan panjang  $\pm 3$  meter. Dengan ukuran pipa tersebut, pipa cukup untuk menahan beban dari turbin angin dan beban dari angin. Pemilihan diameter dari menara turbin angin yang kecil bisa mengakibatkan kegagalan berupa patahnya tiang tersebut. Untuk mempermudah dalam membawa menara turbin angin, pipa dipotong sepanjang 1 meter. Agar bisa disambung kembali, pipa diberi *flange* dengan diameter 20 cm. Kemudian diberi lubang sebesar 2 cm sebanyak 9 buah. Lubang tersebut tempat dipasangnya baut dan mur. Ilustrasi dari menara turbin angin bisa dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Menara Turbin Angin

### 3.1.3 Pembuatan Hub

Hub berfungsi sebagai tempat kedudukan atau tempat dipasangnya sudu turbin angin. Untuk itu hub harus terbuat kuat menahan beban dari sudu. Hub dibuat dari plat baja dengan ketebalan 3 mm, kemudian plat dipotong membentuk lingkaran dengan diameter 20 cm. Di tengah-tengah lingkaran dibuat lubang tempat masuknya poros turbin. Selanjutnya hub tersebut diberi lubang lagi dengan ukuran 7 mm untuk tempat pemasangan sudu dengan baut. Jarak antar lubang sebesar 2 cm. Hub diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Menara Turbin Angin

### 3.1.4 Pembuatan Sistem Transmisi

Untuk sistem transmisi yang digunakan adalah roda gigi lurus sedangkan rasio yang digunakan adalah 1:12. Dalam proses perakitan, roda gigi kecepatan tinggi dipasang langsung ke poros generator. Pemasangan roda gigi kecepatan tinggi dengan cara member ulir yang sesuai dengan poros generator, sehingga roda gigi tersebut bisa di bongkar pasang. Pada roda gigi kecepatan rendah dipasang pada poros yang terhubung ke sudu turbin

angin. Pemasangan menggunakan baut. Untuk itu diberi lubang sebanyak 4 buah untuk memasang roda gigi kecepatan rendah. Agar roda gigi bisa terpasang ke poros maka diberi hub yang mempunyai lubang yang sama dengan roda gigi. Hub tersebut dipasang ke poros dengan proses pengelasan. Pada proses pemasangan roda gigi digunakan sistem kopling tetap. Untuk memperkecil gesekan antara poros penghubung sudu dengan rangka digunakan bearing yang dipasangkan pada rangka. Sistem Transmisi turbin angin dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Sistem Transmisi

### 3.1.5 Pemilihan Generator

Generator yang digunakan adalah alternator dari Toyota dengan tegangan 12 volt dan arus 40-60 A. Generator yang dipakai diperlihatkan pada Gambar 6

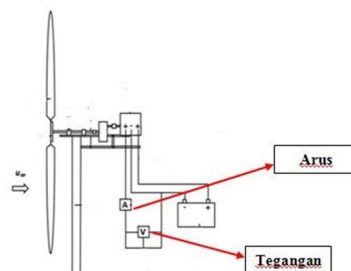


Gambar 6. Alternator Toyota

## 3.2 Metode Pengujian

### 3.2.1 Skema Pengujian

Skema pengujian sangat penting untuk mendapatkan parameter-parameter yang diinginkan dalam pengujian Turbin Angin Propeller Tiga Sudu seperti yang terlihat pada Gambar 7



Gambar 7. Perangkat pengujian turbinangina

Pada pengujian ini dilakukan di pantai muaro kandis, Kecamatan Linggo Sari Baganti Kab. Pesisir Selatan. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kecepatan angin, besarnya tegangan dan arus generator yang didapatkan dari turbin angin propeller tiga sudu

Parameter – parameter yang diukur

- Tegangan Generator (E)
- Arus generator (I)
- Kecepatan Angin (u)

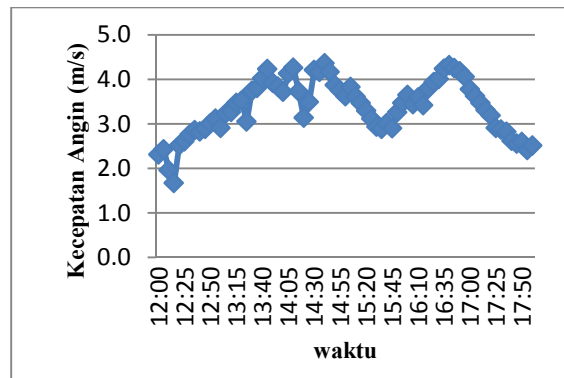
### 3.2.2 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan instalasi pengujian yaitu Turbin Angin , multimeter , anemometer dan stopwatch.
2. Pasang perangkat pengujian dan alat ukur pada masing-masing titik uji.
3. Dalam selang waktu 5 menit lakukan pencatatan data pengujian. Pengujian dilakukan selama 6 jam.
4. Pada aki, dilakukan pencatatan tegangan dan arus ketika dilakukan pengujian .pencatatan dilakukan dengan selang waktu 1 jam.
5. Hitung daya,efisiesi turbin angin dengan memasukan parameter-parameter yang didapatkan dari pengujian.
6. Lakukan analisa dan pembahasan terhadap hasil yang didapatkan dari pengujian dan perhitungan.

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

##### 4.1 Perubahan Kecepatan Angin terhadap Waktu

Dari pengujian yang dilakukan di lapangan didapatkan hubungan waktu dengan kecepatan angin. Adapun hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 8

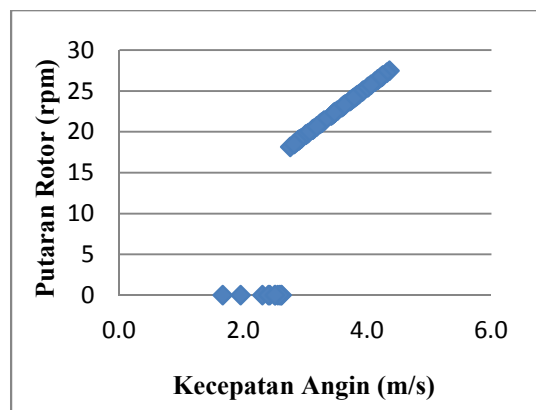


Gambar 8. Perubahan Kecepatan Angin terhadap Waktu

Pada Gambar 8 bisa dilihat kondisi angin di pantai muara kandis Kecamatan Linggo sari Baganti dalam selang waktu 6 jam. Data diambil dalam selang waktu 5 menit dan kondisi cuaca disaat pengambilan data adalah cerah.Pada gambar tersebut bisa dilihat bahwa kecepatan angin berubah-ubah terhadap waktu. Perubahan kecepatan angin dapat disebabkan oleh kondisi cuaca yang berubah mendadak saat pengambilan data. Adapun Faktor lain yang juga dapat menyebabkan perubahan kecepatan angin adalah arah datangnya angin yang tiba-tiba berubah sehingga pembacaan kecepatan angin. Pada pengujian ini range kecepatan angin antara 2-5 m/s. Puncak kecepatan angin maksimum terjadi antara jam 14.00 – 17.00 WIB. Setelah 17.00 WIB kecepatan angin mengalami penurunan namun tidak terlalu signifikan. Kecepatan angin tersebut masih mampu memutar turbin angin propeller tiga sudu tersebut.

##### 4.2 Hubungan Kecepatan Angin dengan Putaran Rotor

Pada Gambar 9 di bawah ini dapat dilihat hubungan kecepatan angin dengan putaran rotor yang terjadi dalam pengujian.

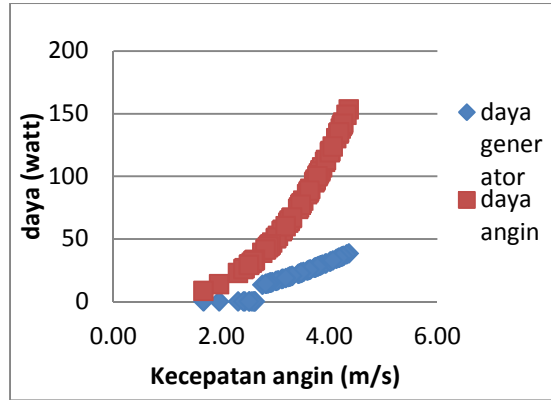


Gambar 9. Hubungan Kecepatan Angin dengan Putaran Rotor

Secara umum putaran rotor sebanding dengan kecepatan angin. Dengan kata lain putaran rotor turbin akan mengalami kenaikan jika kecepatan angin mengalami kenaikan. Di dalam gambar bisa dilihat kalau rotor tidak

mengalami putaran, dengan kata lain 0 rpm. Hal tersebut dikarenakan kecepatan angin yang mengenai turbin tidak cukup kuat untuk memutar turbin tersebut. Kejadian itu terjadi disaat kecepatan angin berada di range 1.67-2.61 m/s. turbin angin berputar pada kecepatan angin yang berada di range 2.7 – 3.01 m/s. Secara teoritis putaran rotor turbin berbanding lurus dengan kecepatan angin. Hal ini sesuai dengan teori yang berlaku. Putaran turbin terendah terjadi pada kecepatan angin 2.76 m/s dengan putaran 18 rpm sedangkan putaran maksimum dari turbin angin adalah 27.5 rpm pada kecepatan 4.36 m/s.

4.3 Hubungan kecepatan angin dengan daya

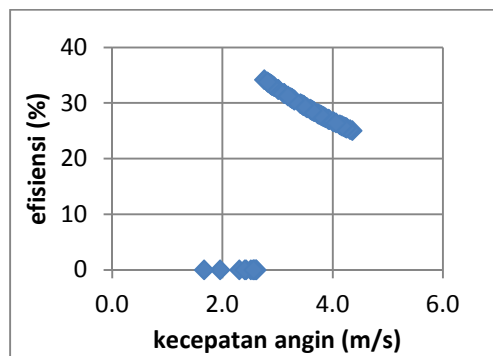


Gambar 10. Hubungan kecepatan angin dengan daya

Pada Gambar 10 diperlihatkan hubungan kecepatan angin dengan daya generator dan daya angin dalam satuan watt. Daya generator didapatkan dengan mengalikan tegangan dan arus keluaran dari generator,  $P_g = E \cdot I$ . Daya maksimum yang didapatkan adalah sebesar 36.44 watt pada kecepatan 4.26 m/s. Pada Gambar 10 bisa dilihat bahwa untuk kecepatan angin 2.61 m/s, daya yang dihasilkan oleh generator adalah 0. Hal ini dikarenakan turbin angin yang belum mengalami perputaran sehingga tidak menghasilkan tegangan dan arus. Dari keseluruhan data dan grafik hasil pengujian hari pertama, kecepatan rata-rata angin sebesar 3.39 m/s sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan oleh generator adalah 21.3 watt. Secara umum dapat dianalisis bahwa karakteristik dan prestasi turbin angin dipengaruhi oleh faktor berikut :

1. Perubahan kecepatan angin yang sering terjadi secara tiba-tiba sehingga menyebabkan turunnya efisiensi turbin angin
2. Tingginya rugi energi yang terjadi pada turbin angin yang menyebabkan turunnya prestasi turbin.

4.4 Hubungan Kecepatan Angin dengan efisiensi

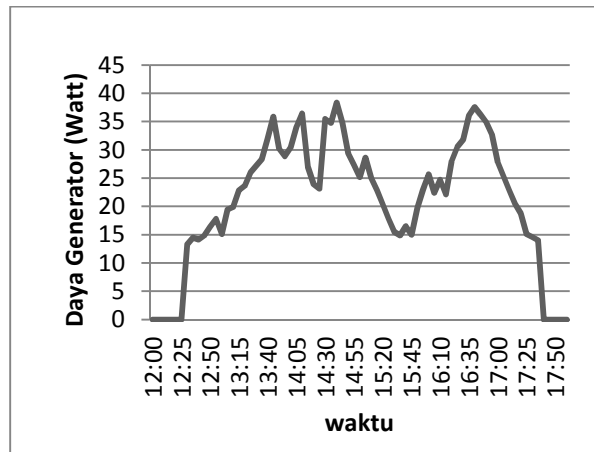


Gambar 11. Hubungan Kecepatan Angin pada hari pertama

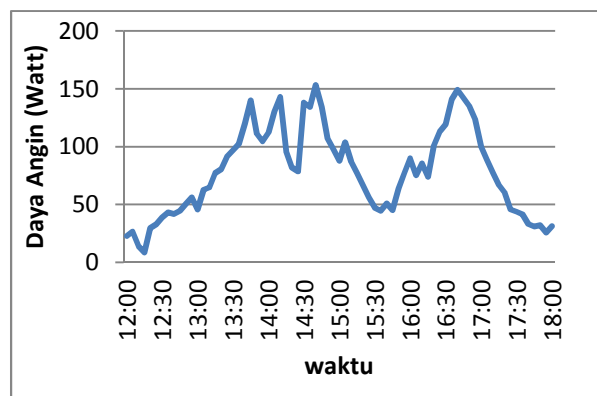
Pada Gambar 11 bisa dilihat bahwa efisiensi turbin angin mengalami penurunan terhadap kecepatan angin. Fenomena tersebut beriringan dengan meningkatnya daya keluaran generator. Efisiensi diartikan sebagai perbandingan antara daya keluaran generator dengan daya masukan dari angin. Sedangkan daya angin merupakan perkalian antara luas sapuan sudu dengan kecepatan angin pangkat tiga,  $P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3$ . Hal inilah yang menyebabkan efisiensi menurun, karena disaat kecepatan angin tinggi maka daya angin juga tinggi namun daya generator tidak setinggi daya angin karena daya generator merupakan pengalihan tegangan (v) dengan arus (A), sehingga daya generator tidak sebesar dengan daya angin. Berbeda disaat kecepatan angin rendah, pada kecepatan angin rendah daya angin yang didapatkan rendah, begitu juga daya yang dihasilkan oleh generator. Namun

perbedaan daya angin dengan daya generator tidak terlalu jauh. Hal ini lah yang menyebabkan efisiensi kecepatan angin rendah, tinggi dibanding efisiensi pada kecepatan angin tinggi. Penyebab lain efisiensi mengalami penurunan adalah masih berputarnya rotor turbin yang diakibatkan oleh kecepatan angin sebelumnya atau masih tersimpannya energi dari angin di dalam turbin angin tersebut sehingga mempengaruhi efisiensi dan memerlukan kecepatan angin yang besar disaat turbin angin mengalami penurunan putaran. Hal ini mengakibatkan pembacaan tegangan dan arus menjadi kecil. Sedangkan pada anemometer tercatat bahwa kecepatan angin sedang tinggi, seharusnya dengan kecepatan angin yang tinggi tersebut generator mengeluarkan arus (A) dan tegangan (V) yang besar.

#### 4.5 Perubahan Daya terhadap Waktu



Gambar 12 Perubahan Daya Generator dengan waktu



Gambar 13. Perubahan Daya Angin terhadap waktu

Pada Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dilihat distribusi daya yang dihasilkan oleh angin maupun oleh generator. Pada Gambar tersebut diperlihatkan bahwa daya angin maksimum terbesar 153,29 watt sedangkan daya generator maksimum sebesar 38,38 watt artinya efisiensinya sebesar 25,90 %. Dengan kata lain turbin angin ini belum bisa memanfaatkan seluruh daya yang dihasilkan oleh angin. Hal ini masih belum sesuai menurut teori yang ada dimana efisiensi dari turbin angin bisa mencapai 50 % dari daya angin. Berarti turbin angin mengalami rugi-rugi energi yang mengakibatkan rendahnya efisiensi. Rugi-rugi energi tersebut antara lain disebabkan oleh :

1. Rugi energi angin saat mulai berputarnya rotor, dimana untuk putaran awal membutuhkan energi angin awal yang besar untuk memulai putaran rotor.
2. Rugi gesekan pada komponen turbin, seperti gesekan antara poros dan bantalan. Kondisi tersebut menyebabkan cepatnya terjadi keausan pada bantalan, sehingga menghambat putaran rotor turbin.

#### 4.6 Pengujian Pada Aki

Setelah dilakukan pengisian, tegangan pada aki hanya mencapai 4,7 V. Berarti turbin angin hanya mampu mengisi tegangan pada aki sebesar 4,7 volt selama 6 jam. Selanjutnya aki dilakukan pengujian dengan menggunakan bola lampu 5 watt. Aki hanya bertahan selama 1 jam 15 menit, setelah dilakukan pengecekan arus pada aki, arus aki



sangat kecil yaitu sebesar 18,7 A. Hal ini bertentangan dengan teori yang ada bahwa dengan pengisian aki dengan arus rata 5 A selama 6 jam bisa mencapai 30 A. Kesalahan ini bisa diakibatkan oleh ketidak mampuan menyimpan tegangan dengan kata lain, aki sudah mengalami kerusakan.

## 5. Penutup

Dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan Turbin Angin Propeler Tiga Sudu sebagai energi alternatif di Kecamatan Linggo Sari Baganti Kabupaten Pesisir Selatan.
2. Selama pengujian Turbin Angin Propeller tiga sudu, kecepatan angin rata-rata sebesar 3.37 m/s.
3. Daya rata-rata yang dihasilkan selama pengujian Turbin Angin Propeller sebesar 20.86 Watt.
4. Selama pengujian Turbin Angin Propeller Tiga Sudu mengkonversi energi dari angin menjadi energi listrik dengan efisiensi rata-rata 24.91 %.
5. Pada pengujian *charge* aki, Turbin Angin Propeller Tiga Sudu hanya mampu mengisi tegangan sebesar 4,7 volt selama 6 jam.

## Daftar Pustaka

- [1] Angin, <http://id.wikipedia.org/wiki/Angin>
- [2] Arwoko, Heru, *Disain Turbin Angin*, mipa.ubaya.ac.id/article/ha/turbin.pdf, 1999.
- [3] Cekan Martin, <http://www.windpower.org/en/tour/wres/wndspeed.htm>, 2002
- [4] Katrina O'Mara, Mark Rayner, *Where Does Wind Comes From*, <http://lsa.colorado.edu/essence/texts/wind.html>, 1999.
- [5] Konveksi, <http://jardik.blogspot.com/2010/07/konveksi.html>
- [6] *Indonesia bisa memanen angin* <http://www.hijauku.com/2012/04/10/indonesia-pun-bisa-memanen-angin/>
- [7] *Fluida*, Erlangga, Jakarta, 1996
- [8] L. Johnson, Gary, Dr, *Wind Turbine Power, Energy, Torque*, <http://www.eee.ksu.edu-gojhsonwind4.pdf>, 2001.
- [9] type-of-wind-turbines, <http://lan-energy.com/why-wind-energy/type-of-wind-turbines/>
- [10] Zed Defrizal, *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Propeler Tipe Satu Sudu Untuk Pengisian Ulang Baterai*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas andalas, 2005.
- [11] <http://www.avanzaxenia.net/showthread.php?tid=7915>.
- [12] Cooper, Willian David, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta, 1994
- [13] Djojodihardjo, Harijono & Molly Jens Peter, *Wind Energy System*, Penerbit Alumni Bandung, 1983.