

Prototipe Turbin Angin Skala Kecil Tipe Vertikal Axis Untuk *Battery Charging* Di Daerah Remote Area

Ezwarsyah¹, Asran¹

1 Jurusan Teknik Elektro UNIMAL, Lhokseumawe 24352

ezwarsyah@yahoo.com, asran_lsm@yahoo.com

Abstrak—Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu cara pemanfaatan energi angin yang merupakan energi terbarukan (*renewable energy*) untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini telah dibuat prototipe turbin angin skala kecil mode *stand alone*. Prototipe ini berbentuk rotor turbin dengan posisi vertikal dan menggunakan baling-baling berpenampang airfoil. Fokus penelitian ini adalah prototipe beroperasi pada kecepatan angin rendah 2.5 meter/detik, dan perancangan battery charger menggunakan IC regulator LM350. Hasil pengujian menunjukkan daya yang mampu dihasilkan adalah 38 Watt dari daya teoritis hasil perhitungan 50.33 Watt. Penggunaan turbin angin skala kecil ini untuk *battery charging* dan penerangan rumah tangga di daerah yang belum memiliki jaringan listrik konvensional, yaitu pesisir pantai yang bermukim nelayan tradisional.

Kata kunci : Energi terbarukan, turbin angin, vertikal axis, *battery charging*.

Abstract—Wind energy is an alternative source of renewable energy that can be converted to electricity by wind turbines. This paper presents a prototype small wind turbine stand alone mode. The prototype has vertical axis rotor with airfoil blades and applied to low wind speed 2.5 metre per second. Design of this system including battery charger unit by LM350 as a dc regulator. Result of field test shows that output power is 38 Watt compared from calculation 50.33 Watt according to sweep area of blades. This prototype of small wind turbine designed to battery charging and dc home lighting in remote area, specially for traditional fisherman who settled in the seaside areas.

Keywords : Renewable energy, Vertical axis rotor, Small wind turbines.

A. Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya angin dengan kecepatan yang bervariasi. Secara umum potensi energi angin di Indonesia memadai untuk dikembangkan guna membangkitkan tenaga listrik dengan kapasitas kecil dan menengah. Menurut hasil pengukuran dari LAPAN wilayah timur Indonesia memiliki tiga kategori kecepatan angin yaitu skala kecil 2.5 s.d. 4.0 meter/detik, skala menengah 4.0 s.d 5.0 meter/detik dan skala besar diatas 5.0 meter/detik. Namun demikian tidak tertutup kemungkinan untuk dikembangkan juga di wilayah barat, terutama daerah pantai dan kepulauan untuk kecepatan angin skala kecil.

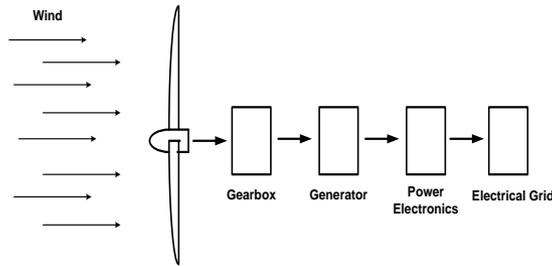
Pada penelitian ini adalah rancang bangun prototipe pembangkit listrik tenaga angin (*wind turbine*) skala kecil untuk *battery charging* dan penerangan rumah tangga. Turbin angin yang akan didesain menggunakan tipe vertikal axis. Metode pengujian yaitu menggunakan model penampang baling-baling airfoil dan pengujian rangkaian charging, sehingga didapatkan daya yang optimum pada rotor turbin dan beroperasi pada kecepatan angin skala kecil 2.5 s.d. 4.0 meter/detik.

B. Prinsip Konversi Energi Angin

Secara umum prinsip kerja turbin angin yaitu energi angin dalam bentuk aliran diterima oleh rotor (baling-baling turbin) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran yang selanjutnya memutar rotor generator untuk membangkitkan energi listrik. Pada Gambar memperlihatkan bagan prinsip konversi

Naskah ini diterima pada tanggal 15 Februari 2009, direvisi pada tanggal 3 Maret 2009 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 20 April 2009

energi angin menjadi energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga angin atau turbin angin.



Gambar 1. Diagram prinsip konversi energi angin

Secara teoritis daya yang pada angin yang melalui area baling-baling (*sweep area*) turbin dapat dihitung:

$$P_{teoritis} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (1)$$

Atau untuk model baling-baling *propeller* dapat dirumuskan:

$$P_{teoritis} = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 V^3 \quad (2)$$

Keterangan:

$P_{teoritis}$ = Daya (Watt)

ρ = Densitas udara (1.225 kg/m^3)

A = Luasan penampang baling-baling (m^2)

r = Jari-jari (m)

V = Kecepatan angin (m/detik)

Kemudian daya yang dibangkitkan oleh turbin angin:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p N_b N_g \quad (3)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

ρ = Densitas udara (1.225 kg/m^3)

A = Luas penampang baling-baling (m^2)

V = Kecepatan angin (m/detik)

C_p = Koefisien performance (maksimum 0.59, tipikal 0.35)

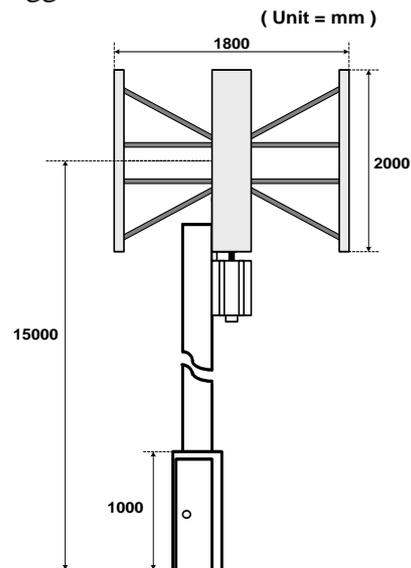
N_b = Efisiensi gearbox (0.9 s.d 0.95)

N_g = Efisiensi Generator (tipikal 0.8 atau lebih)

Secara umum menurut posisi sudu baling-baling turbin angin dapat dibagi dalam dua tipe, yaitu bentuk horizontal axis dan bentuk vertical axis. Bentuk horizontal axis adalah sudunya berupa tipe propeler dan posisi rotor turbin pada keadaan sejajar sumbu horizontal. Sedangkan tipe vertical axis seperti pada gambar 2 yaitu rotor turbin terpasang pada sumbu vertikal, untuk vertical axis ada beberapa tipe, diantaranya tipe darieus, savonius dan yang dikembangkan terakhir adalah yang berpenampang airfoil.

C. Prototipe Turbin Angin

Prototipe turbin angin yang dibuat pada penelitian ini adalah model baling-baling yang terpasang secara vertikal (*vertical axis*). Alasan pemilihan model ini adalah tidak perlu menggunakan pengarah walaupun arah angin yang datang berubah-ubah, alasan lain adalah mengurangi noise dan vibrasi yang terjadi dibandingkan dengan model baling-baling *propeller* horizontal. Pada gambar 2 desain prototipe turbin angin yang akan diuji, beserta dimensi baling-baling dan tiang penyangga.



Gambar 2 Dimensi prototipe turbin angin

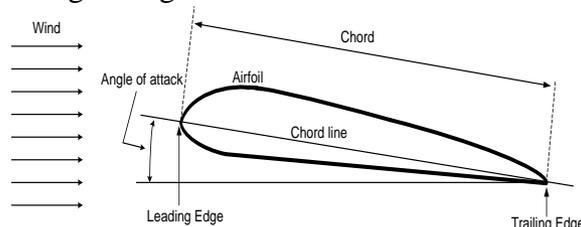
Penampang Baling-baling Airfoil

Laju putaran rotor turbin juga tergantung dari bentuk penampang baling-baling. Konstruksi penampang baling-baling mempengaruhi gaya angkat (*lift*) dan gaya dorong (*drag*) sehingga mempengaruhi besaran laju putar (rpm) pada rotor turbin. Pada penelitian ini melihat karakteristik dari penampang dan dimensi baling-baling terhadap putaran rotor yang dihasilkan, model penampang airfoil yang digunakan adalah model *Clark Y* [10].

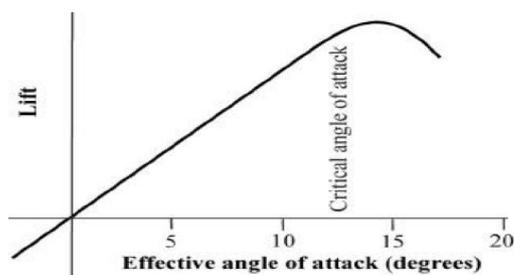


Gambar 3 Model penampang baling-baling

Pada gambar 4 menunjukkan komponen aerodinamis penampang baling-baling, yang terdiri dari *chord line*, *angle of attack*, *leading edge* dan *trailing edge* serta posisi arah angin menuju penampang baling-baling.



Gambar 4 Penampang baling-baling airfoil



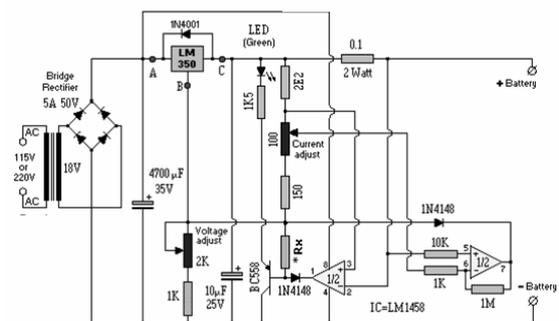
Gambar 5 Kurva gaya angkat fungsi sudut serang

Dari Gambar 4 memperlihatkan kurva gaya angkat sebagai fungsi dari *angle of attack* untuk berbagai jenis penampang baling-

baling. Dari kurva tersebut digunakan untuk menentukan besarnya sudut serang (*angle of attack*) yang dipakai untuk mendapatkan gaya angkat yang maksimal.

Rangkaian Charger

Battere charger berfungsi untuk mengisi battere dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang telah ditentukan. Dalam Sistem ini akan menggunakan dua buah kontrol untuk mengatur pengisian battery pada rangkaian sistem pengisian battery charger, yaitu LM 350 dan LM 1458. Rangkaian batere charger yang digunakan seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Rangkaian Battere Charger

Dari gambar 6 rangkaian charger jika menggunakan generator DC maka transformator step down dan diada bridge tidak digunakan.

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan berikut [11]:

$$T_a = \frac{Ah}{A} \tag{4}$$

Keterangan :

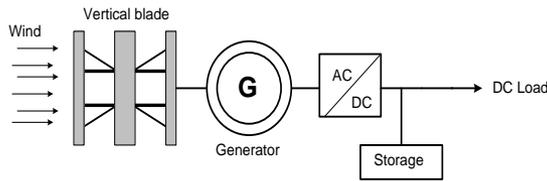
Ta = Waktu pengisian arus (jam).

Ah = Kapasitas accumulator (Amp hours).

A = Arus pengisian (Amp).

Sistem Keseluruhan

Pada Gambar 7 menunjukkan detail blok diagram keseluruhan sistem prototipe turbin angin pada penelitian ini.



Gambar 7 Blok diagram turbin angin keseluruhan

D. Pembahasan

Data Kecepatan Angin

Data kecepatan angin yang digunakan berdasarkan dari BMG Lhokseumawe, kecepatan rata-rata angin untuk daerah Aceh Utara adalah sebagai berikut:

- a. Minimum 1.5 m/detik
- b. Maksimum 3.5 m/detik

Dari data angin tersebut maka dapat dihitung potensi daya yang tersedia untuk dimensi prototipe sesuai dengan persamaan (3) maka hasilnya dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1 Perhitungan daya teoritis

Kecepatan Angin	Sweep Area	Daya Teoritis
1.55 m/detik	3.6 m ²	4.50 Watt
3.45 m/detik	3.6 m ²	50.33 Watt

Tabel 2 adalah pengukuran putaran rotor turbin dan putaran rotor generator. Shaft dari turbin di kopel ke shaft generator menggunakan gear dengan perbandingan 1:12

Tabel 2 Hasil pengujian putaran turbin angin

Tipe Airfoil	Jumlah Baling-Baling	Putaran	
		Rotor Turbin	Rotor Generator
CLARK	2	15 rpm	180 rpm
	4	18 rpm	216 rpm
Y	-	-	-

Pengukuran Generator

Generator yang digunakan adalah DC Generator magnet permanent 40 Volt DC 1000rpm. Karena masih kurang sepenuhnya system mekanikal maka

tegangan output yang dapat dihasilkan oleh generator adalah 7.0 Volt DC.

Pada Tabel 3 terlihat tabulasi hasil pengujian dan daya yang dapat dibangkitkan oleh generator pada saat pengujian. Pengukuran ini dilakukan pada saat angin bertiup maksimum. Pada Tabel 4 adalah perbandingan daya secara teoritis dan daya maksimum yang dapat dibangkitkan oleh prototipe yang dibuat.

Tabel 3 Hasil pengukuran generator

Tegangan Generator (Volt DC)	Isc (Ampere)	Daya (Watt)
5.5	6.0	33
7.0	5.4	38

Tabel 4 Perbandingan daya yang dihasilkan

Kecepatan Angin	Sweep Area Turbin	Daya Teoritis	Daya Yang Dihasilkan
3.45 m/detik	3.6 m ²	50.33 Watt	33 s.d. 38 Watt

Dikarenakan tiupan angin tidak kontinyu dan tinggi prototipe yang dipasang masih dalam batas tiupan angin turbulensi, maka rangkaian charger diuji dengan simulasi yaitu tegangan input yang berasal dari bridge rectifier sumber jala-jala PLN. Adapun hasil pengujian rangkaian charger seperti pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Pengukuran charger.

Tegangan Input (Volt DC)	Tegangan Output (Volt DC)	Isc (Ampere)
5.5	4.8 s.d. 12.0	0.55
7.0	6.0 s.d. 13.0	0.45

Pengisian Batterie

Dari hasil uji rangkaian charger maka dapat dihitung lamanya pengisian batterie 70 Ah sampai penuh yaitu menggunakan persamaan (4) maka :

$$Ah = I_{\text{Pengisian}} \times t_{\text{Pengisian}}$$

Maka untuk mengisi penuh battere 70 Ah diperlukan waktu adalah sebagai berikut :

$$t_{\text{Pengisian}} = \frac{70 \text{ Ah}}{0.45 \text{ A}} = 155.5 \text{ Jam}$$

Kondisi pengisian batere sampai penuh adalah memerlukan waktu selama 155.5 jam, atau 6.5 hari dan jika kondisi angin bertiup kontinyu.

Adapaun prototipe hasil rancangan turbin angin pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8 berikut. Pada Gambar tersebut prototipe sudah terpasang pada lokasi pengujian yaitu di pinggir pantai desa nelayan Kecamatan Muara Satu Kabupaten Aceh Utara NAD.



Gambar 8 Prototipe hasil rancangan

E. Kesimpulan

Dari hasil pengujian analisa prototipe turbin angin skala kecil ini maka dapat di simpulkan:

1. Prototipe turbin angin pada penelitian ini menggunakan baling-baling airfoil terpasang pada posisi vertikal.
2. Hasil pengujian generator diperoleh daya 38 Watt, sedangkan daya teoritis hasil perhitungan 50.33 Watt pada kecepatan angin maksimum 3.5 m/detik.
3. Tegangan maksimum output charger adalah 13.0 Volt DC. Kemampuan charging untuk battere kapasitas 70 Ah

adalah selama 155.5 jam jika angin bertiup kontinyu sepanjang hari.

4. Diperlukan penyempurnaan pada sistem mekanikal untuk penelitian selanjutnya, sehingga prototipe bekerja lebih baik.

F. Daftar Pustaka

- [1] Soeripno M Saputro, “ *Teknologi Sistem Konversi Energi Angin dan Prospek Pemanfaatannya di Indonesia*, “Bidang Konversi Energi Dirgantara Pusat Teknologi Dirgantara Terapan, LAPAN, April 2007
- [2] Sugata Pikatan, “ *Resume Konversi Energi Angin*, “ Seminar 1 Maret 1999, Departemen MIPA Universitas Surabaya, 1999
- [3] Paul Cooper, Oliver Kennedy, “ *Development and Analysis of a Novel Vertical Axis Wind Turbine*, “ University of Wollongong, Wollongong, NSW 2522, Australia
- [4] Er. R.K. Rajput, “ *A Text Book of Power Plant Engineering*,” Laxmi Publication (P) Ltd, 2002
- [5] Dr. Peter Kadar, “ *Evaluation of Correlationthe Wind Speed Measurements and Wind Turbine Characteristics*,” 8th International Symposium of Hungarian Reseachers on Computational Inteligence and Informatics, 2007
- [6] Detlef Schulz,” *State of the Art of Wind Turbine Electrical Systems and Grid Interconnection*, “ TERNA Wind Energy and Development Dialogue, Berlin, 2007
- [7] Michael Schmidt, “ *Wind Turbine Design Optimization*, “ Strategic Energy Institute Georgia Institute of Technology, www.energy.gatech.edu
- [8] Wind Turbine Blade Design, www.kidwind.org
- [9] www.windpower.org/tour/wres/enerwind.htm

- [10] T Sanchez, S Fernando, H Piggott, “*Wind Rotor Blade Construction Small Wind System for Battery Charging*,” Booklet Research Report, ITDG-UK, ITDG Peru and ITDG South Asia.
- [11] E.W Golding, “*Windmills for Water Lifting and the Generation of Electricity on the Farm*,” *FAO Internal Working Bulletin* No.17.
- [12] www.uoguelph.ca~antoon, B.J.G. Hamermaat 2000, *Motorcycle Battery Charger*, Translated by Tony Van Roon, August 2001.
- [13] NITTETSU ELEX CO., LTD., *NS Cycle Tester (Accumulator Charge and Discharge Test System)*, Japan.