

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN AKSIS VERTIKAL SEBAGAI ALTERNATIF CATU DAYA PADA PERLINTASAN SEBIDANG PERKERETAAPIAN

Arief Darmawan¹, Email : darmawan@ppi.ac.id
Fathurrozi Winjaya², Email: fathurrozi@ppi.ac.id

^{1,2} Program Studi Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

ABSTRAK

Peralatan pengaman pintu perlintasan sebidang merupakan peralatan fasilitas operasi perkeretaapian yang membutuhkan sumber energi listrik. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik jumlahnya semakin menipis, menurut perkiraan jumlah cadangan bahan bakar fosil akan habis sekitar 83 tahun. Untuk menghemat cadangan bahan bakar fosil diperlukan sumber energi cadangan dari sumber energy yang terbarukan seperti energi angin. Energi angin di sekitar jalur perkeretaapian mempunyai potensi sangat besar untuk dijadikan energi listrik. Pembangkit listrik mikro wind dalam penelitian ini menggunakan turbin angin dengan sudu-sudu vertikal dan pengarah angin berupa sirip. Berdasarkan hasil penelitian serta melakukan pengujian dapat disimpulkan bahwa turbin angin vertikal yang di implementasikan untuk pencatu peralatan pengaman pintu perlintasan dapat mengisi baterai dengan arus pengisian rata-rata 3,28 A pada kecepatan angina rata-rata 3,90 m/s dan putaran 278 rpm dan menghasilkan daya 39,45 watt dan energy total 394,5 watt sehingga dapat mengisi baterai 75Ah/12 volt selama 22 jam

Kata Kunci: turbin angin vertikal, sudu-sudu, pengatur sudu

ABSTRACT

Level crossing security gate equipment is a railroad operating facility that requires an electrical energy source. The use of fossil fuels as fuel for power plants is running low, according to estimates the amount of fossil fuel reserves will be exhausted in about 83 years. To save fossil fuel reserves, we need a backup energy source from renewable energy sources such as wind energy. Wind energy around the railroad track has enormous potential to be used as electrical energy. Micro wind electricity builders in this study use wind turbines with vertical blades and wind directors in the form of fins. Based on the results of research and testing it can be concluded that the vertical wind turbine that is implemented to supply crossing door safety equipment can charge batteries with an average charging current of 3.28 A at an average wind speed of 3.90 m / s and rotation of 278 rpm and produces 39.45 watts of power and 394.5 watts of total energy so that it can charge a 75Ah / 12 volt battery for 22 hours

Keywords: Wind turbine, Blade, Blade controller

1 LATAR BELAKANG

Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan yang tersedia di sekitar yang terbentuk karena aliran udara yang disebabkan oleh rotasi bumi dan adanya perbedaan tekanan udara disekitar. Aliran angin mengalir dari tempat bertekanan tinggi ke rendah. Angin yang dipanaskan akan menyebabkan memuai, angin yang memuai tersebut kemudian akan menjadi ringan sehingga naik, apabila ini terjadi, tekanan angin tersebut akan turun karena udaranya menjadi berkurang. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk mengubah energi angin

menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin.

Turbin angin membutuhkan pengembangan dikarenakan kecepatan angin bersifat dinamis, oleh karena itu penelitian mengenai turbin angin masih terus dikembangkan. Madiun merupakan kota yang memiliki potensi energi angin yang cukup untuk mengkonversi energi listrik dari angin..

Peralatan pengaman perlintasan sebidang merupakan suatu peralatan penunjang keselamatan perjalanan kereta api yang berfungsi untuk mengamankan perjalanan kereta api dan pengguna

jalan raya dalam suatu kondisi tertentu. Pelintasan sebidang memerlukan catu daya untuk mengoperasikan sistem tersebut. Catu daya yang digunakan pada perlintasan sebidang berasal dari PLN dan memiliki cadangan baterai apabila sumber catu daya dari PLN padam. Catu daya cadangan baterai tersebut sangatlah vital perannya dalam pengoperasian kereta api. Sistem kereta api memiliki kehandalan sistem keamanan artinya apabila terjadi suatu kegagalan dalam sistem maka kondisi tersebut tidak membahayakan keselamatan perjalanan kereta api.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Angin

Turbin angin merupakan sebuah peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Turbin angin secara garis besar dibedakan menjadi 2 macam, yaitu VAWT (Vertical Axis Wind Turbine) dan HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine):

2.2 VAWT (Vertical axis wind turbine)

Vertical Axis Wind Turbine merupakan turbin angin dengan posisi baling – baling yang bersumbu vertikal terhadap tanah. Turbin ini mempunyai rotor turbin dengan putaran rendah (dibawah 100 rpm), akan tetapi mempunyai momen gaya yang kuat. Vertikal axis mempunyai beberapa model, antara lain :

2.2.1 Tipe Angkat (Darrieus)

Dalam model ini masing – masing blade memiliki momen gaya angkat maksimum hanya dua kali setiap putaran dan daya keluarannya sehingga dapat dimanfaatkan untuk menggiling biji – bijian, pompa air, tetapi tidak cocok untuk menghasilkan listrik dengan 1000 rpm.

2.2.2 Tipe dorong (Savonius)

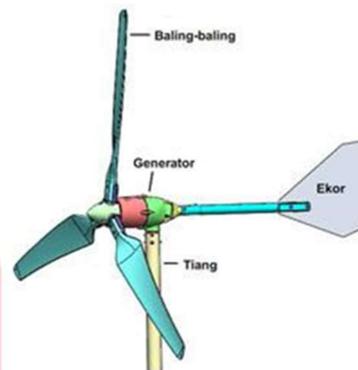
Dalam model ini, gaya dorong akan terjadi apabila $TSR < 1$. Dalam model ini kecepatan maksimum yang dihasilkan oleh blade setara dengan kecepatan angin. Turbin savonius memiliki efisiensi daya rendah namun menghasilkan lebih banyak daya dan output daya dan memiliki efisien tinggi.

2.3 HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine)

Horizontal Axis Wind Turbine merupakan turbin angin dengan baling – baling horizontal yang sejajar dengan tanah. Turbin ini terdiri dari dua tipe, yaitu mesin updown dan mesin downwind.

2.3.1 Mesin updown

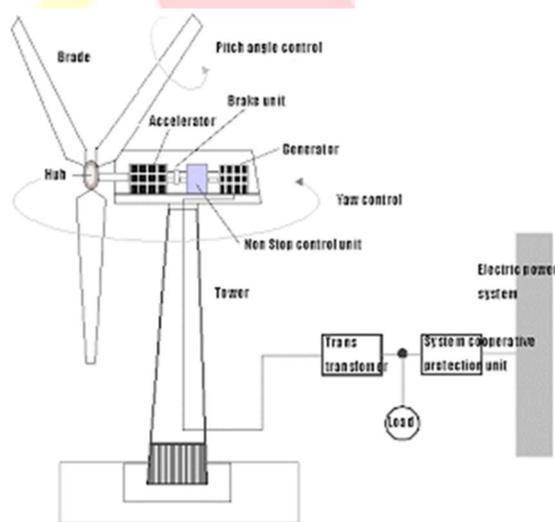
Metode ini adalah turbin dengan berhadapan langsung dengan angin, turbin ini didesain tidak fleksibel dan diperlukan mekanisme yaw untuk mengarahkan turbin kearah datangnya angin.



Gambar 1 Turbin angin dengan sistem updown

2.3.2 Mesin downwind

Dalam metode ini rotor pada turbin angin ditempatkan dibelakang tower sehingga rotor dapat fleksibel tanpa perlu menggunakan mekanisme yaw karena dapat mengurangi berat dan lebih ringan dari pada mesin jenis upwind. Kelemahan pada jenis ini adalah angin harus melewati tower sebelum sampai pada rotor, sehingga menambah beban pada turbin angin.



Gambar 2 Turbin Angin dengan Mesin downwind

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perhitungan desain turbin angin

Berdasarkan literatur desain profil sudu pada turbin angin dapat ditentukan sebagai berikut :

$$Pek = V \times \text{Jumlah Sudu}$$

V = Tegangan
 Jumlah sudu = Jumlah sirip
 Pek = daya yang dapat terekstraksi

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

$\eta = \text{efisiensi}$

(Syaiful Huda dan Irfan Syarif,2014)

P_{in} = Daya rata rata yang dihasilkan turbin angin
 P_{out} = Daya rata rata yang dihasilkan turbin angin

Stabilitas rasio diameter terhadap tinggi dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$D = 1,2 \times h$$

D = Diameter dari turbin angin
 h = tinggi dari turbin angin
 (Syaiful Huda dan Irfan Syarif,2014)

3.3 Perhitungan waktu pengisian

waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sebagai berikut

$$I = \frac{\text{kapasitas aki}}{t}$$

$I = \text{Arus}$

$t = \text{Waktu}$

Luas sapuan dari blade dapat ditentukan dengan rumus

$$A_{swept} = \pi \times D \times h$$

D = diameter dari turbin
 h = Tinggi dari blade
 (Syaiful Huda dan Irfan Syarif,2014)

3.4 Perhitungan daya listrik turbin

Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin angin vertikal dapat di tentukan dengan rumus berikut :

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + P_n$$

$P_1 = \text{daya 1}$

$P_2 = \text{daya 2}$

$P_3 = \text{daya 3}$

$P_n = \text{daya terakhir}$

Berdasarkan persamaan diatas dapat ditentukan kecepatan angin rata – rata sehingga dapat menghitung daya sebenarnya yang dapat diekstraksi pada kecepatan angin rata – rata dengan rumus berikut :

$$P_w = 0,5 \times \rho_{udara} \times A_{swept} \times V^3$$

ρ_{udara} = massa jenis udara
 A_{swept} = Luas daerah sapuan
 (Syaiful Huda dan Irfan Syarif,2014)

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Besarnya nilai solidity (σ) minimum untuk turbin angin jenis VAWT adalah 0,4, kemudian dapat menghitung panjang chord minimum untuk jumlah blade 6 dapat ditentukan menggunakan rumus

$$\sigma = NB \times \frac{c}{D}$$

σ = Koefisien
 NB=jumlah sudu
 c = Panjang chord
 (Syaiful Huda dan Irfan Syarif,2014)

4.1 Desain Sudu-sudu

Desain yang dilakukan meliputi perhitungan luasan dan diameter sudu-sudu. Dalam desain menggunakan data survey on the spot dan rata-rata angin pada lokasi yang dijadikan wilayah studi. Dan diperoleh parameter sebagai berikut : kecepatan angin rata-rata adalah 3,5 m/s, sehingga untuk stabilitas, rasio diameter terhadap tinggi blade D/H adalah 1,2, sehingga dapat dihitung daya yang dapat diekstraksi oleh angin sebagai berikut :

$$PEK = V \times \text{JUMLAH BLADE}$$

$$12 \times 2 \times 6 = 144 \text{ Watt}$$

$$A_{swept} = \pi \times D \times H = 1,2 \times \pi \times h$$

$$Pek = 0,5 \times \rho_{udara} \times A_{swept} \times V^3$$

$$144 = 0,5 \times 1,225 \times 1,2 \times \pi \times h^2 \times V^3$$

3.2 Perhitungan efisiensi daya

Perhitungan efisiensi daya yang dihasilkan dari turbin angin dan daya yang dikeluarkan sebagai berikut

$$144 = 98,8 \times H^2$$

$$h^2 = 144/98,8$$

$$h = \sqrt{144/98,8}$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

Sehingga diameter (D) dari sudu-sudu dapat dihitung sebagai berikut :

$$D = 1,2 \times h$$

$$D = 1,2 \times 1,2$$

$$D = 1,4 \text{ m}$$

Besar luasan daerah yang tersapu oleh blade dapat diketahui menggunakan rumus :

$$A_{\text{swept}} = \pi \times D \times h$$

$$A_{\text{swept}} = 3,14 \times 1,4 \times 1,2$$

$$A_{\text{swept}} = 5,27 \text{ m}^2$$

Dari data kecepatan angin rata – rata dapat diekstraksi daya yang sebenarnya dengan menggunakan rumus :

$$P_w = 0,5 \times \rho \text{ udara} \times A_{\text{swept}} \times V^3$$

$$P_w = 0,5 \times 1,225 \times 4,574 \times 42,875$$

$$P_w = 120,117 \text{ W}$$

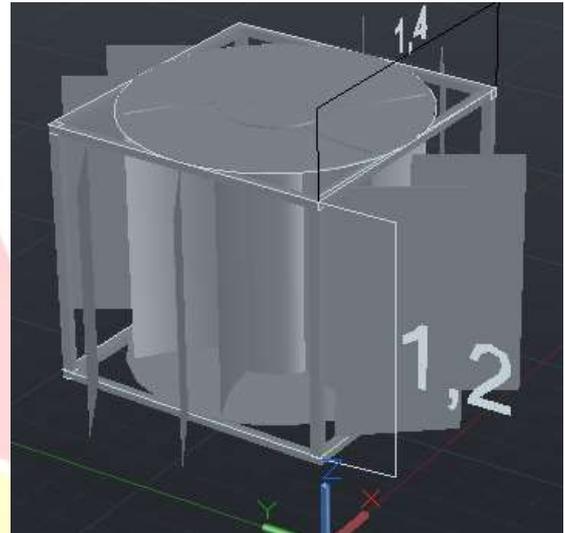
Berdasarkan perhitungan diatas dapat ditentukan Panjang chord minimal dari turbin angin sebagai berikut :

$$\sigma = NB \times (C) / D$$

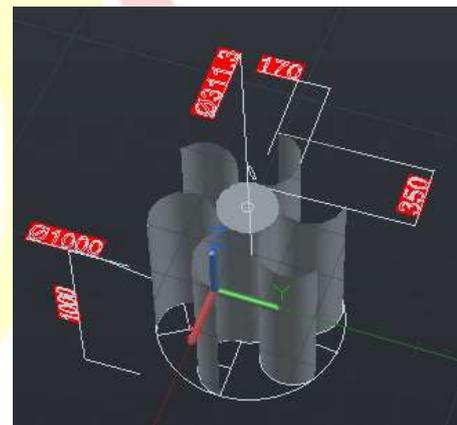
$$0,4 = 6 \times (C) / 1,4$$

$$C = 9,3 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diatas, dapat dibuat desain sudu-sudu dengan bentuk sebagai berikut :



Gambar 3 Gambar Pengarah sudu-sudu



Gambar 4 Gambar rotor blade turbin angin

Berdasarkan pengujian secara on the spot didapat data sebagai berikut :

NO	RPM	KECEPATAN ANGIN	ARUS Pengisian
1	150	3,07 m/s	0,2 A
2	390	4,76 m/s	0,46 A
3	263	3,57 m/s	0,35 A
4	258	3,22 m/s	0,26 A
5	290	3,32 m/s	0,37 A
6	350	5,78 m/s	0,4 A
7	340	3,82 m/s	0,35 A
8	190	3,72 m/s	0,24 A
Rata-rata	278.875	3.9075 m/s	3.2875 A

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata arus pengisian adalah 3.28 Ampere dan kecepatan angin rata-rata adalah 3.90 m/s dan rata-rata putaran 278 rpm.

Berdasarkan hasil monitoring turbin selama 24 jam dapat diketahui bahwa aliran angin yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin selama 10 jam dengan puncak tertinggi pada periode waktu 18.00 – 19.00 yaitu dengan kecepatan 5.78 m/s. dan yang paling rendah pada periode waktu 02.00 – 14.00 yaitu mendekati 0 m/s (tidak ada angin bertiup) dapat dilihat trend kecepatan angin pada gambar 5.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dihitung total energi listrik rata-rata yang dihasilkan dari kincir angin tersebut adalah

$$W = V \times I \times t$$

$$12 \text{ volt} \times 3,2875 \times 10 \text{ jam}$$

$$W = 394,5 \text{ watt jam}$$

Daya yang bisa dihasilkan dari turbin angin adalah :

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 3,2875 = \mathbf{39,4 \text{ Watt}}$$

Dan dapat dihitung waktu yang digunakan untuk pengisian batterai adalah sebagai berikut :

Kapasitas baterai 75 Ah/12 Volt

Arus pengisian rata-rata adalah 3,2875 Ampere

Sehingga dibutuhkan waktu pengisian penuh adalah $75\text{Ah} / 3,28 \text{ A}$ yaitu **22,86 Jam**



Gambar 5. Grafik kecepatan angin pada wilayah studi dalam waktu 24 jam

5 KESIMPULAN

- 5.1 Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa rata-rata arus pengisian adalah 3.28 Ampere dan kecepatan angin rata-rata adalah 3.90 m/s dan rata-rata putaran 278 rpm.
- 5.2 Berdasarkan hasil monitoring turbin selama 24 jam dapat diketahui bahwa aliran angin yang dapat

digunakan untuk menggerakkan turbin selama 10 jam dengan puncak tertinggi pada periode waktu 18.00 – 19.00 yaitu dengan kecepatan 5.78 m/s. dan yang paling rendah pada periode waktu 02.00 – 14.00 yaitu mendekati 0 m/s (tidak ada angin bertiup)

- 5.3 Daya yang dihasilkan dari sebuah turbin angin adalah 39,45 watt, sehingga energi total yang

dapat dihasilkan oleh turbin angin adalah 394,5 Watt, sehingga waktu pengisian penuh baterai adalah 22,86 jam untuk setiap turbin angin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sunu Jio Anggara dan semua pihak yang membantu dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Nugroho, D. H. 2011. *Analisa Pengisian Baterai Pada Rancang Bangun Turbin Angin Poros vertikal Tipe Savonius untuk Pencatuan Beban Listrik*. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- Prasetya, A. 2012. *Perancangan PLTB Sumbu Vertical Tipe Savonius*. Makalah. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Peraturan Menteri, 2018, *Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian*. Jakarta : Sekretariat Negara.
- Peraturan Menteri, 2018, *Persyaratan Teknis Peralatan Telekomunikasi Perkeretaapian*. Jakarta : Sekretariat Negara.
- Peraturan Menteri, 2018, *Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian*. Jakarta : Sekretariat Negara.