

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN VERTIKAL PORTABLE BERDAYA LISTRIK RENDAH

Langgeng Saputra¹, Rika Wahyuni Arsianti²

¹Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Indonesia

²Fakultas Teknik, Teknik Komputer, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Indonesia

Email: ¹langgeng.noload@gmail.com, ²rika.arsianti@borneo.ac.id

Email Penulis Korespondensi: langgeng.noload@gmail.com

Abstract

Renewable energy is one of the focus research in the world today due to limited fossil energy. Nowadays the research about potential of wind is being developed. The average wind speed in Indonesia is in the range of 3-5 m/s. This study aims to design a vertical type low-power wind turbine. In this study we used a portable vertical wind turbine for the ease of use in some places. The vertical wind turbine type was chosen because it is more suitable for low wind speeds. The wind turbine is built using 300 windings and the number of coils used is 18. The magnets used are 32 pieces of neodymium. The wind turbine was tested at three speeds, 3.3 m/s, 4.3 m/s and 5.7 m/s. The result shows the wind turbine produce an output power of 160.91 mW, 234.74 mW and 378.39 mW respectively. The built wind turbine has succeeded in generating low power electricity.

Keywords: magnet; wind turbine; portable turbine; renewable energy; vertical wind turbine

Abstrak

Penelitian terhadap energi terbarukan merupakan fokus dunia saat ini yang disebabkan karena energi fosil yang semakin terbatas. Salah satu energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah tenaga angin. Indonesia merupakan negara yang memiliki rata-rata kecepatan angin rendah yaitu 3-5 m/s. Turbin angin yang dilakukan pada penelitian ini merupakan turbin angin portable sehingga mudah di gunakan dimana saja. Tipe turbin angin vertikal dipilih karena lebih cocok untuk kecepatan angin rendah dan dapat menangkap angin dari segala arah. Turbin angin dibangun menggunakan 300 lilitan dan jumlah kumparan yang digunakan 18 buah. Magnet yang digunakan adalah neodymium sebanyak 32 buah. Turbin angin diuji coba pada tiga kecepatan yaitu 3.3 m/s, 4.3 m/s dan 5.7 m/s. Hasil pengujian turbin angin menghasilkan daya keluaran berturut-turut 160,91 mW, 234,74 mW dan 378,39 mW. Turbin angin yang dibangun telah berhasil membangkitkan daya listrik rendah untuk pengisian baterai.

Kata kunci: energi terbarukan; magnet; portabel turbin; turbin angin vertikal;

1. PENDAHULUAN

Penelitian terhadap energi terbarukan masih terus dilakukan. Salah satu nya adalah pembangkitan listrik tenaga angin. Pada penelitian ini penulis akan membahas tentang rancang bangun generator pembangkit listrik tenaga angin. Pulau Tarakan merupakan bagian dari Provinsi Kalimantan Utara dimana transportasi laut merupakan hal yang vital dalam aktivitas kegiatan sehari-hari. Dan sebagian besar mata pencarian penduduk adalah nelayan. Pada saat nelayan menggunakan kapal untuk menuju suatu tempat atau mencari ikan maka angin saat kapal bergerak atau diam saat mencari hasil laut dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik. Untuk memanfaatkan angin dibutuhkan rancangan turbin angin yang dapat menangkap angin dari segala arah.

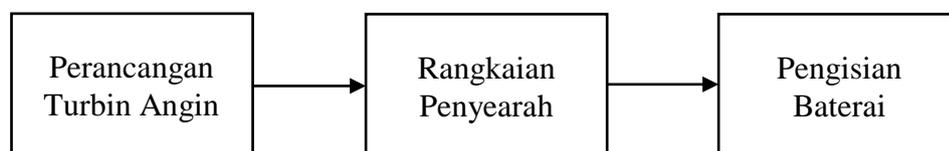
Rancangan generator angin yang dilakukan oleh Sulistianur dapat mengkonversikan angin dengan tegangan dan arus keluaran tanpa beban sebesar 5,01 V dan 37,03 mA [1]. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis berupaya untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator pembangkit listrik tenaga angin dalam upaya mempercepat pengisian baterai. Peningkatan tegangan dan arus akan dicapai melalui rekonstruksi ulang generator pembangkit listrik tenaga angin. Turbin angin yang akan digunakan pada penelitian ini adalah turbin angin tipe vertikal. Pemilihan tipe vertikal ini didasarkan pada ketidakbergantungan pada arah datang angin

sehingga dapat memaksimalkan daya yang dihasilkan [2]. Kelebihan lain yang dimiliki turbin poros vertikal, antara lain; aman, mudah membangunnya, bisa di pasang tidak jauh dari tanah, lebih baik dalam menangani turbulensi angin [3]. Selain itu faktor bangkai faktor serangga yang menempel pada sudu kincir akibat tubrukan hewan saat pergantian siang dan malam yang umumnya terjadi pada kincir horizontal tidak terjadi pada kincir vertikal [4]. Faktor lain yang mempengaruhi alasan memilih turbin angin vertikal adalah tipe ini sesuai untuk daerah dengan kecepatan angin rendah yaitu 3-5 m/s [5]. Pengukuran data angin di pesisir pantai Amal Tarakan selama 24 jam yang dilakukan oleh Sulistianur menghasilkan rata-rata kecepatan angin yaitu 3.11 m/s [1]. Tujuan penelitian ini adalah merekonstruksi kembali desain turbin angin yang telah dilakukan sebelumnya diharapkan dapat menghasilkan daya turbin yang optimal untuk pengisian baterai pada daerah pesisir yang memiliki kecepatan angin rendah. Penelitian yang telah dilakukan Sulistianur menyatakan bahwa potensi angin yang dapat dimanfaatkan dari *speed boat* yang bergerak adalah 7.7 m/s [1].

Turbin angin adalah turbin yang digunakan untuk mengkonversi energi yang dihasilkan oleh angin menjadi energi dalam bentuk besaran listrik. Turbin angin vertikal mampu memanfaatkan angin dari berbagai arah. Tipe sudu yang digunakan pada turbin angin vertikal adalah cross-flow, savonius, darriues dan giromill. Pada penelitian ini tipe sudu yang digunakan adalah savonius. Savonius merupakan tipe sudu yang memotong silinder Fletter menjadi 2 bagian sepanjang garis pusat dan memposisikan 2 potongan silinder membentuk huruf "S". Turbin angin savonius menghasilkan suara yang lebih rendah dan memiliki kinerja yang baik dengan kecepatan angin yang rendah [6]. Kelemahan dalam penggunaan turbin Savonius adalah memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan turbin angin lainnya [7]. Salah satu faktor yang menyebabkan efisiensi rendah adalah adanya rugi-rugi turbin, karena pengaruh gaya kelembaban turbin, rugi-rugi magnet dan rugi-rugi jangkar [8]. Penggunaan turbin angin umumnya membutuhkan jenis generator dengan kecepatan rendah dan tanpa energi listrik awal karena penempatan turbin angin biasanya pada daerah-daerah terpencil yang tidak memiliki aliran listrik [9]. Turbin angin menggunakan magnet permanen umumnya jatuh ke dalam kategori mikro- turbin (kurang dari 1kW), dan turbin kecil (dari 10kW ke 100kW) karena keterbatasan ukuran saat pembuatan di pabrik dan kesulitan membuat potongan magnet yang besar [10].

2. METODE PENELITIAN

Diagram blok perancangan sistem pemanen energi alternatif tenaga angin dapat dilihat pada gambar 1. Tahapan pertama penelitian dilakukan dengan membuat generator angin. Keluaran tegangan dari generator angin akan dimasukkan kedalam blok rangkaian penyearah gelombang penuh. Keluaran dari blok ini adalah tegangan DC. Tegangan DC ini akan digunakan untuk pengisian baterai.

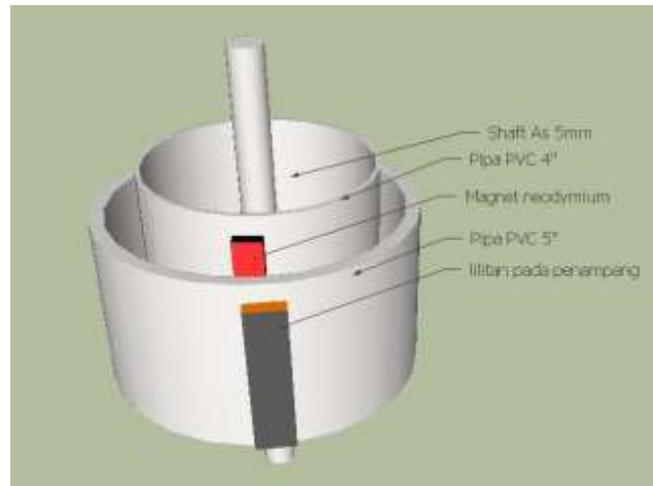


Gambar 1. Diagram blok turbin angin vertikal

Perancangan Turbin Angin

Turbin angin digunakan untuk memanen energi listrik dari magnet. 8 buah kumparan yang terdiri dari 300 lilitan yang terpasang pada pipa PVC 5” yang disatukan dengan pipa 4” tempat

melekatnya magnet. Semua kumparan disambungkan dengan cara seri untuk memperoleh daya maksimal sesuai perpindahan fase magnet sehingga arus akan mengalir.



Gambar 2. Konstruksi generator angin

Perancangan Jumlah Lilitan

Lilitan akan di lilit pada sebuah pipa pvc yang telah di bentuk sehingga menjadi sebuah kumparan yang akan terlihat seperti pada gambar 2. Jumlah kumparan akan berjumlah 8 buah yang akan ditempatkan pada diameter luar mengelilingi pipa pvc 5 inch.



Gambar 3. Lilitan pada

Jumlah lilitan pada tiap kumparan akan berjumlah optimal yang dimana penentuan jumlah potimal akan memakai metode kelipatan yakni dimulai dengan lilitan sebanyak 200 pada kumparan akan dilakukan penambahan jumlah lilitan sebanyak 300 lilitan pada setiap percobaan sampai percobaan menunjukkan ketidakadaan kenaikan daya dari penambahan lilitan pada setiap kumparan,dan dinyatakan lilitan optimal.

Perancangan Tata Letak Magnet Pada Turbin Angin

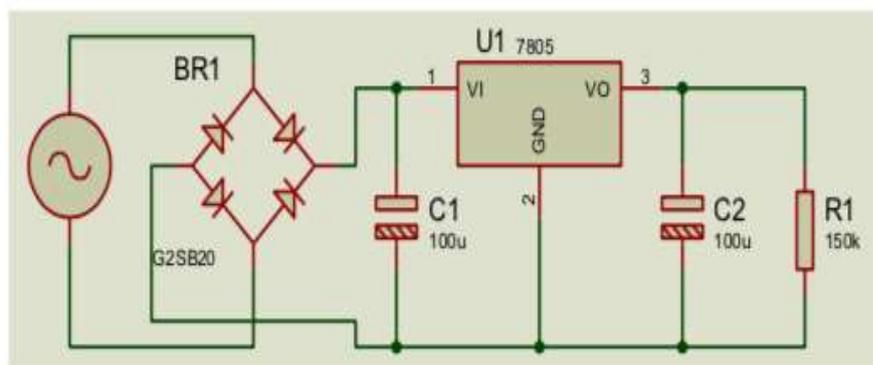
Magnet neodymium dengan dimensi 30x10x4 mm sebanyak 32 buah akan di letakan mengelilingi pada bagian diameter luar pipa pvc 4''(inchi) dengan sumbu utara magnet yang berwarna merah dan sumbu selatan magnet yang berwarna biru yang dapat terlihat pada gambar 3. Peletakan dengan kutub utara dan selatan secara berlawanan untuk menghasil gaya gerak listrik yang semakin besar.



Gambar 4. Peletakan Magnet.

Rangkaian Penyearah

Rangkaian penyearah pada penelitian ini menggunakan dioda jembatan, kapasitor dan IC regulator 7805. Keluaran dari turbin angin merupakan sinyal AC hingga dibutuhkan untuk mengubah sinyal tersebut menjadi sinyal DC. Rangkaian ini dirancang untuk menghasilkan tegangan keluaran 5V.



Gambar 5. Rangkaian Penyearah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

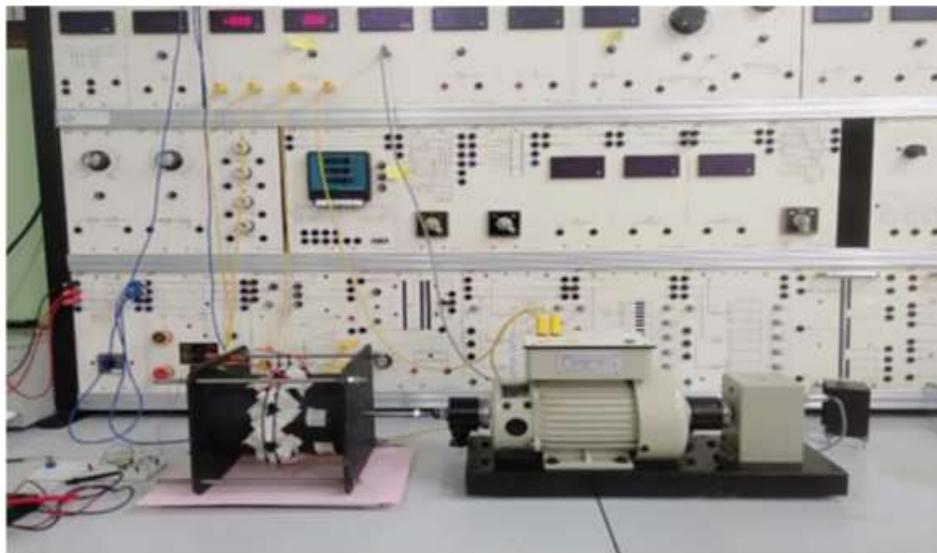
Pengujian Turbin Angin

Hasil dari perancangan generator menggunakan kawat email dengan diameter kawat 0,35 mm. Kawat email tersebut akan dibentuk menjadi *coil* dengan 300 lilitan. Jumlah *coil* yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 18 buah. *Coil* akan disematkan pada sebuah pipa PVC berukuran 5''. Sebanyak 32 magnet Neomidium digunakan untuk menginduksi *coil* disematkan pada pipa PVC berukuran 4''. Hasil rancangan turbin angin dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 6. Turbin angin portabel

Kinerja dari turbin angin akan diujikan pada beberapa kecepatan untuk mengetahui kinerja turbin angin hasil perancangan. Pengujian turbin terhadap kecepatan putaran motor ini dilaksanakan pada laboratorium Motor Listrik Universitas Borneo Tarakan. Kecepatan yang akan diujikan dimulai dari 100 rpm hingga 1000 rpm. Untuk setiap kecepatan yang diujikan pada turbin angin dilakukan selama 5 menit kemudian akan diukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Pengukuran kinerja turbin angin terhadap kecepatan motor dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 7. Pengujian turbin angin terhadap kecepatan motor

Tabel 1. Data tegangan dan arus keluaran dari turbin angin

No	Kecepatan Motor (rpm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Frekuensi (Hz)
1	100	0,8	23,3	15
2	200	1,4	43,5	27,6
3	300	2,17	64,3	40,53
4	400	2,88	85,2	53
5	500	3,62	107,1	68,5
6	600	4,27	125,9	80
7	700	4,95	145	93
8	800	5,65	165,2	105
9	900	6,37	183	106
10	1000	7,07	199	134

Dari hasil pengujian terhadap turbin angin terhadap putaran motor diperoleh bahwa semakin tinggi putaran motor maka tegangan dan arus yang dihasilkan turbin makin besar. Dengan kondisi angin di Indonesia yang mempunyai kecepatan 3-5 m/s, maka diperlukan generator yang sesuai untuk kondisi angin tersebut. Generator yang ideal adalah mempunyai karakter kerja putaran rendah. Yakni pada putaran poros rotor 300 – 1000 rpm maka generator dapat bekerja mengeluarkan tegangan [11]. Pada penelitian ini tegangan dan arus yang dihasilkan pada kecepatan motor 300 rpm adalah 2,17 V dan 64,3 mA. Sedangkan pada kecepatan 1000 rpm diperoleh 7,07 V dan 199 mA.

Pengujian Turbin Angin dan Rangkaian Penyearah

Untuk kebutuhan panen energi angin menjadi listrik kedalam pengisian baterai maka keluaran dari turbin angin akan diubah menjadi keluaran DC. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian regulator tegangan yang mengubah sinyal AC menjadi DC. Baterai yang digunakan pada penelitian ini 3,7 V dan 2200 mAh. Maka IC 7805 digunakan pada rangkaian ini untuk membatasi tegangan maksimum yang masuk ke baterai sebesar 5V.

Pengujian turbin angin akan dilakukan dengan tiga kecepatan angin berbeda yang diperoleh dari putaran kipas angin. Kipas angin yang digunakan memiliki 3 kecepatan angin yaitu 3,1 m/s, 4,13 m/s dan 5,7 m/s. Jarak antara kipas angin dan turbin pada saat pengambilan data adalah 2 meter. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan. Masing-masing pengukuran dilaksanakan selama 10 detik.

Tabel 2. Data hasil pengukuran turbin dengan kecepatan angin 3,1 m/s

Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
10	3,06	47,60	145,656
10	3,25	49,14	159,705
10	3,67	45,68	167,645
10	3,09	47,60	147,084
10	3,83	48,30	184,506
Rata-Rata	3,37	47,66	160,91

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh turbin pada kecepatan angin 3,1 m/s diperoleh bahwa rata-rata tegangan, arus dan daya yang dihasilkan sebesar 3,37 V dan 47,66 mA. Sehingga daya rata-rata yang diperoleh pada kecepatan angin 3,1 m/s sebesar 160,91 mW.

Tabel 3. Data hasil pengukuran turbin dengan kecepatan 4,3 m/s

Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
10	4,13	51,90	214,34
10	4,33	54,01	233,86
10	4,56	52,45	239,17
10	4,87	55,78	271,64
10	4,13	51,98	214,67
Rata-Rata	4,40	53,22	234,74

Tabel 3 merupakan data hasil pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan turbin angin pada kecepatan 4,3 m/s. Dibandingkan dengan tegangan dan arus yang diperoleh pada tabel 2 maka kecepatan angin 4,3 m/s menunjukkan adanya kenaikan tegangan dan arus masing-masing sebesar 4,4 V dan 53,22 mA. Daya rata-rata yang diperoleh pada kecepatan 4,3 m/s sebesar 234,74 mW. Daya yang dihasilkan turbin angin pada kecepatan 4,3 m/s mengalami kenaikan 1,45 kali dari daya pada kecepatan angin 3,1 m/s.

Tabel 4. Data hasil pengukuran turbin dengan kecepatan 5,7 m/s

Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
10	4,42	81,40	359,78
10	4,46	82,45	367,72
10	4,76	82,67	393,50
10	4,89	81,40	398,04
10	4,56	81,78	372,91
Rata-Rata	4,61	81,94	378,91

Tabel 4 merupakan hasil pengujian turbin angin pada kecepatan angin 5,7 m/s. Tegangan rata-rata yang diperoleh adalah 4,61 V sedangkan arus rata-rata sebesar 81,94 mA. Sehingga daya yang dihasilkan 378,91 mW. Terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 1,61 kali jika dibandingkan dengan daya pada kecepatan 4,3 m/s dan kenaikan sebesar 2,35 kali dibandingkan dengan kecepatan angin 3,1 m/s. Tegangan keluaran dari turbin angin pada tiap kecepatan kurang dari 5V karena tegangan keluaran telah dibatasi oleh regulator tegangan IC 7805. Hal ini dimaksudkan untuk pembatasan tegangan untuk pengisian baterai.

Pengujian Pengisian Baterai

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kinerja turbin angin untuk pengisian baterai. Baterai yang digunakan pada penelitian ini yaitu baterai dengan kapasitas 2200 mAh. Pengujian dengan kecepatan angin 5.7 m/s untuk pengisian baterai dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan generator dengan rangkaian penyearah dan regulator hasil perancangan terhadap pengisian baterai dengan kapasitas 2200 mAh. Pengujian dilakukan dari mulai jam 07:00 hingga jam 13:00 WITA dimana tegangan pengisian sebesar 4,40 V dan arus pengisian sebesar 81,40 mA. Pengukuran kapasitas baterai yang dilakukan proses pengisian dilakukan setiap satu jam. Sebelum proses pengisian baterai dilaksanakan maka baterai harus dikosongkan terlebih dahulu agar dapat diketahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pengisian. Saat dilakukan pengukuran tegangan baterai dalam keadaan kosong yaitu 3,6 Volt. Dan tegangan maksimum baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah 5V. data hasil pengukuran pengisian baterai menggunakan hasil perancangan terdapat pada tabel 5.

Tabel 5. Data pengisian baterai

Waktu	Tegangan (V)	Arus (mA)	Tegangan Baterai (V)
07:00	4,56	82,45	3,69
08:00	4,56	82,45	3,73
09:00	4,56	82,45	3,75
10:00	4,56	82,45	3,77
11:00	4,56	82,45	3,80
12:00	4,56	82,45	3,82
13:00	4,56	82,45	3,87

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa turbin angin dapat menghasilkan tegangan dan arus dengan stabil selama 6 jam percobaan. Rata-rata tegangan pengisian baterai adalah 0,025 V. Dari rata-rata kenaikan tegangan yang terlihat pada tabel 5 dapat dilakukan prediksi waktu yang dibutuhkan turbin angin dalam pengisian baterai hingga penuh. Prediksi waktu pengisian dapat ditentukan melalui persamaan 1).

$$Waktu\ Pengisian = \frac{Kapasitas\ Baterai}{Arus\ Pengisian} \dots\dots\dots(1)$$

Pada penelitian ini kapasitas baterai yang digunakan adalah 2200 mAh dan besar arus pengisian adalah 82,45 mA. Sehingga dari persamaan 1) dapat dihitung bahwa lamanya pengisian adalah sebesar 26,68 jam. Turbin angin telah berhasil melakukan pengisian baterai tetapi membutuhkan waktu pengisian baterai yang sangat panjang.

Data kecepatan angin yang diukur pada perahu yang bergerak adalah 7.7 m/s seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Turbin angin yang dirancang pada penelitian ini adalah turbin portabel yang dapat diletakkan dimana saja. Pemanfaatan tenaga angin yang diperoleh dari perahu yang bergerak dapat dilakukan dengan menggunakan turbin angin ini. Dari data pada tabel 2 hingga

tabel 4 dapat diprediksi bahwa arus yang diperoleh akan lebih tinggi dari 81,94 mA yaitu rata-rata arus yang diperoleh pada kecepatan angin 5,7 m/s. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai adalah besarnya arus pengisian. Sehingga untuk perbaikan arus keluaran yang dihasilkan disarankan untuk menggunakan magnet yang lebih besar dan menggunakan rangkaian penguat arus. Hal ini bertujuan untuk mempercepat waktu pengisian baterai.

4. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membuat turbin angin portabel dengan daya listrik rendah. Turbin angin ini telah diujicoba dengan kecepatan motor 100 rpm hingga 1000 rpm dan mampu mengeluarkan tegangan dan arus. Pengujian tegangan dan arus keluaran turbin angin juga dilakukan pada tiga kecepatan angin yaitu 3,1 m/s, 4,3 m/s dan 5,7 m/s. Dimana daya yang dihasilkan dari turbin angin ini adalah 160,91 mW, 234,74 mW dan 378,39 mW. Kinerja turbin angin ini untuk pengisian baterai telah dilakukan selama 6 jam dan bekerja secara stabil. Turbin angin yang digunakan untuk pengisian baterai dengan kapasitas 2200 mA H dengan arus pengisian sebesar 82,45 mA membutuhkan waktu pengisian $\pm 26,68$ jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistianur, 2017. "Rancang Bangun Perangkat Pengisian Baterai dan Pengaturan Modulasi Lebar Pulsa Untuk Sistem Penerangan Berdaya Rendah". Tugas Akhir. www.repository.borneo.ac.id.
- [2] Rifadil, et.al "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kincir Angin Sumbu Vertikal untuk Beban Rumah Tinggal". *Electrical Engineering*, 2(4), 2010.
- [3] Tjukup, Marnoto. "Peningkatan Efisiensi Kincir Angin Poros Vertikal Melalui Sistem Buka-tutup Sirip pada 3 Sudu." *Jurnal Teknik Mesin* Vol. (11) No. 2.pp.122-129, 2011.
- [4] Corten, G. P., & Veldkamp, H.F." Insects Can Halve Wind-Turbine Power". *Nature*, 412(6842), 41-42, 2001.
- [5] Rudianto, et.al Rancang bangun turbin angin savonius 200 watt. In: *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK)* p. 71-75, 2016
- [6] Lee, J. et.al. "Effect of twist angle on the performance of Savonius wind turbine". *Renewable Energy*, 89, pp.231-244, 2016.
- [7] Sudirman, S., et.al "Analisis Pembangkit Listrik Menggunakan Turbin Angin Savonius". *Jurnal Media Elektro*, 31-38, 2020.
- [8] Latif, M." Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah". *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 10(3), 147-152,2013.
- [9] Asyâ, H., & Ardiyatmoko, A. Desain generator magnet permanen kecepatan rendah untuk pembangkit listrik tenaga angin atau bayu (PLTB). In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2012.
- [10] Daryanto, Y. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. *Yogyakarta: Balai Pptagg-Upt-Lagg*, 2007.
- [11] Rochman.S, Sembodo.Budi." Rancang Bangun Generator Turbin Angin Putaran Rendah Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif di Daerah Pesisir." *Jurnal Wahana* Vol 70 (1), 2018.