

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN UNTUK PENERANGAN SEBAGAI PENYEDIA LISTRIK ALTERNATIF

Muhammad Jumnahdi

*Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung
muhd.jumnahdi@gmail.com*

ABSTRACT

The availability of electrical energy derived from fossil fuels will be reduced with the increasing human energy needs. This research is the application of wind power used for lighting. The wind resulted in the propeller can rotate existing power plants and generates an alternating electric. The electricity is then rectified and stored into the accumulator through MPPT charging system is controlled using arduino so that charging can be set in accordance with the existing battery capacity. at night the stored electricity used for lighting. The results of this study indicate that the monitoring of 24 hours average wind speed of 2.5 m / s, the highest peak wind 4.5 m / s for 3 hours. These conditions resulted in average power is 0.2 kWh / 24 hours. Accumulators used 12 V 7.5 Ah 3 units with a capacity of 0.25 kWh used interchangeably charging system. Expenses that are used in the form of 10 W LED lamp controlled by the light sensor and active at night so it can be lit for 5 nights without wind.

Keywords : *arduino, wind, LED, MPPT*

ABSTRAK

Pemanfaatan energi yang bersumber pada kemampuan alam haruslah ditingkatkan guna mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Penelitian ini merupakan aplikasi dari tenaga angin digunakan untuk penerangan. Angin mengakibatkan baling-baling dapat memutar pembangkit listrik yang ada dan menghasilkan listrik bolak. Listrik ini kemudian disearahkan dan disimpan ke dalam akumulator melalui *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang sistem pengecasannya dikontrol menggunakan arduino, sehingga pengisian dapat diatur sesuai dengan kapasitas baterai yang ada. pada malam hari listrik yang disimpan digunakan untuk penerangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada pemantauan 24 jam kecepatan angin rata-rata 2,5 m / s, tertinggi puncak angin 4,5 m / s selama 3 jam. Kondisi ini menghasilkan daya rata-rata 0.2 kWh/ 24 jam. Akumulator yang digunakan 12 V 7,5 Ah sebanyak 3 unit dengan kapasitas 0,25 kWh menggunakan sistem pengecasan secara bergantian. Beban yang digunakan berupa lampu LED 10 W yang dikendalikan oleh sensor cahaya dan aktif pada malam hari sehingga mampu beretahan selama 5 hari tanpa angin.

Kata Kunci : arduino, angin, LED, MPPT

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan disetiap tahunnya, hal ini sangat dirasakan oleh PLN selaku penyedia daya listrik di Indonesia. Untuk itu diperlukan upaya yang nyata agar beban listrik yang diberikan pada PLN dapat dikurangi[1]. Propinsi kepulauan Bangka Belitung memiliki garis pantai yang panjang dimana terdapat ratusan pulau kecil yang belum teraliri listrik PLN. Kondisi geografis tersebut memiliki potensi angin yang cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Kecepatan angin di Bangka dapat mencapai 10 m/s pada musim-musim tertentu [2], menyadari dengan adanya kondisi tersebut merupakan potensi alam yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Berbeda dengan sel surya, angin dapat menghasilkan energi listrik selama 24 jam dengan kecepatan yang tidak menentu hal ini dapat menghasilkan daya listrik yang berlebihan dan apa bila kondisi ini tetap dibiarkan maka mengakibatkan baterai mengalami pengecasan berlebihan (*over charging*) yang dapat memperpendek umur baterai. Dengan melakukan penambahan baterai maka energi yang berlebihan tersebut dapat dialihkan ke baterai yang lain, sehingga diperlukan sistem pengaturan pengecasan yang dapat melakukan pemindahan dari baterai satu ke baterai lainnya pada saat pengecasan. Implementasi penelitian ini dapat digunakan di bagan penangkap ikan, pulau kecil, perkebunan lada, dan lain-lain. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat prototipe alat yang dapat dipergunakan untuk membangkitkan energi listrik yang bersumber pada energi angin untuk penerangan. Untuk mewujudkan diperlukan beberapa komponen pokok meliputi : Generator yang memiliki putaran rendah, penyearah, MPPT dan sistem pengecasan baterai/ akumulator.

Generator Magnet Permanen Putaran Rendah

Penelitian mengenai generator magnet permanen putaran rendah telah banyak dilakukan, perancangan model generator DC dengan menggunakan magnet permanen generator (PMG) dari jenis Barrium Ferrit untuk aplikasi listrik tenaga angin. Dengan simulasi menggunakan bantuan *Finite Element Methode Magnetics* (FEMM) *software* menggunakan 2 model generator yaitu tipe *Axial Fluks Magnetik* (AFM) dan *Radial Fluks Magnetik* (RFM) Berdasarkan hasil pendesainan dan hasil simulasi, kemampuan memutar turbin rata-rata pada 200-300 rpm dengan 12 kutub pada frekwensi 50 Hz dihasilkan 1,466 volt untuk tipe *Axial Fluks Magnetic* (AFM) dan tipe *Radial Fluks Magnetic* (RFM) tegangan keluaran 9,327 volt [3]. Peneliti selanjutnya melakukan perancangan dan analisa turbin untuk pembangkit listrik pada aliran datar. Dalam penelitiannya menggunakan generator tipe *submersible* yang menghasilkan efisiensi sebesar 19,98% [4]. Generator listrik magnet permanen tipe aksial dapat juga dibangun dengan memanfaatkan kedua sisi magnet sehingga memiliki stator ganda metode ini dapat meningkatkan daya 70% dibandingkan hanya menggunakan satu sisi saja [5].

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi. Hukum Faraday dapat dinyatakan dengan :

$$e = - N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Untuk tanda negative pada hukum Faraday berhubungan dengan arah ggl induksinya, yang diperoleh dari hukum Lenz dimana ggl induksi dan arus induksi memiliki arah sedemikian rupa sehingga berlawanan muatan yang menghasilkan ggl dan arus induksi tersebut (2). Untuk perubahan fluks magnetik ($e = \text{GGL induksi yang dibangkitkan (Volt)}$), $N = \text{banyaknya jumlah lilitan}$, $d\Phi$ Webber), $dt = \text{perubahan waktu (detik)}$. Atau dengan persamaan lain nilai dari GGL induksi dapat ditentukan dengan :

$$e = B \times l \times v \quad (3)$$

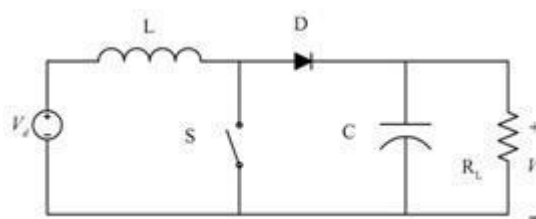
Untuk, $e = \text{GGL induksi yang dibangkitkan (Volt)}$, $B = \text{kepadatan medan magnet (Tesla)}$, $l = \text{panjang kawat penghantar (m)}$, dan $v = \text{kecepatan konduktor memotong medan (m/s)}$. Bila ditinjau dari kecepatan medan putar stator maka akan berbanding terbalik dengan jumlah kutubnya hal ini dapat ditunjukkan melalui persamaan :

$$n_p = 120 \frac{f}{p} \quad (4)$$

Penjelasan untuk, $n_p = \text{Kecepatan putar (rpm)}$, $f = \text{Frekuensi (Hz)}$, dan $p = \text{Jumlah Kutub}$. Tegangan GGL induksi yang dibangkitkan berdasarkan persamaan (4) bergantung pada : Jumlah dari lilitan dalam kumparan; kuat medan magnetik, makin kuat medan makin besar tegangan yang diinduksikan; dan kecepatan putar (rpm) dari generator itu sendiri. Untuk prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (alternator) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan keluaran berbeda fasa 120° pada masing-masing fasa. Untuk besar tegangan generator bergantung pada : Kecepatan putaran (n_p), jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (N), banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (B) dan jumlah Kutub (p) [6].

MPPT

Pada MPPT ini digunakan *boost converter* [7] karena pengisian energi listrik ke baterai diatur pada mode *high current charging*. *Boost converter* berfungsi untuk menaikkan tegangan dari sel surya ke tegangan pengisian baterai. Semakin naik tegangan pengisian, maka arus pengisian akan naik juga. Rangkaian utama dari *boost converter* Gambar 1.



GAMBAR 1. RANGKAIAN UTAMA MPPT

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{1-D} \quad (5)$$

Boost converter terdiri dari induktor, dioda, kapasitor dan komponen pensaklar. *Boost converter* bekerja berdasarkan sinyal pensaklaran, S_{on} dan S_{off} . Perbandingan waktu hidup (S_{on}) terhadap jumlah waktu keduanya disebut juga dengan *duty cycle*. Saat saklar hidup (*on*), energi disimpan pada induktor menjadi medan magnet, saat saklar mati (*off*), energi yang tersimpan pada induktor diubah lagi menjadi listrik dan didorong oleh tegangan *input* menjadi tegangan *output* sehingga nilainya menjadi lebih besar.[7]

Pengecasan dan pemilihan sumber daya

Tegangan masukan berupa tegangan DC yang dihubungkan melalui SCR (Silicon Rectifier Controller) . SCR akan menyala bila tegangan yang diterima oleh resistor Rikurang dari tegangan baterai sehingga mengakibatkan SCR2 berada pada kondisi off dengan demikian lampu LED D2 akan padam begitu sebaliknya bila kondisi baterai penuh [8].

Arduino

Arduino adalah mikrokontroler yang dapat diprogram dimana sistem pemrogramannya bersifat *open-source* diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C [9].

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan penelitian meliputi : Unit Terowongan angin untuk membangkitkan angin 0-4 m/s, anemometer, multitester, wattmeter DC, Bahan penelitian : unit generator magnet permanen, unit kincir, unit penyearah, unit MPPT M20, Baterai, Unit pengontrol, dan lampu LED. Langkah Penelitian

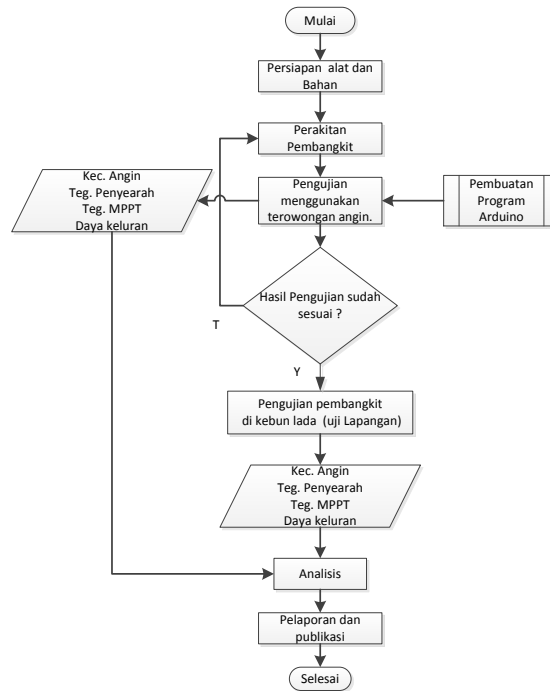
B. Langkah Penelitian

Langkah atau tahapan penelitian Gambar 2. Penelitian diawali dengan persiapan bahan yang kemudian dilakukan perakitan dan pengujian laboratorium selanjutnya dilakukan pengujian lapangan di kebun lada. Kedua hasil pengujian tersebut dianalisis dengan cara membandingkannya sehingga didapatkan karakteristik dari sistem pembangkit listrik energi angin.

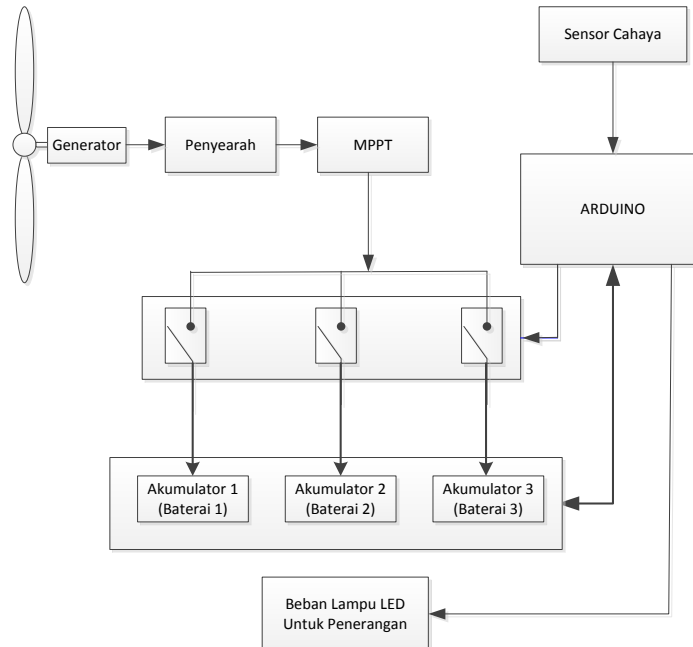
C. Rancangan Alat

Energi angin mengakibatkan kincir berputar, perputaran kincir tersebut digunakan untuk memutar generator listrik magnet permanen sehingga menghasilkan tegangan AC. Tegangan tersebut selanjutnya disearahkan kemudian diteruskan ke MPPT. Sistem pengecasan diatur menggunakan Arduino untuk menentukan baterai mana yang akan diisi (*charging*) bila dinyatakan cukup maka arduino mendeteksi lagi kondisi baterai yang lain begitu seterusnya. Selain itu arduino berfungsi untuk mendeteksi kondisi intensitas cahaya melalui sensor cahaya yang dihubungkan kepadanya. Bila kondisi gelap maka arduino akan memilih baterai manayang akan berfungsi untuk menyalakan lampu. Rancangan

sistem pembangkit tenaga listrik menggunakan energi angin untuk penerangan
Gambar 3.



Gambar 2. Langkah Penelitian



Gambar 3. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk Penerangan

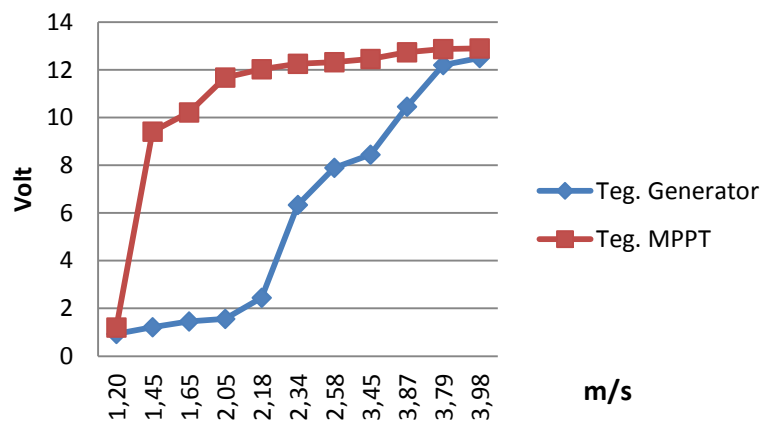
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pembangkit dilakukan dengan menggunakan angin buatan pada terowongan angin (Gambar 4.A) yang menghasilkan Tabel 1. Tegangan generator bervariasi sesuai dengan kecepatan angin yang diberikan setelah melalui MPPT maka tegangan tersebut mulai/cenderung stabil pada kisaran 12 Volt, sedangkan arus bervariasi. Menunjukkan bahwa MPPT berfungsi dengan baik (Gambar 3) selanjutnya tegangan dari MPPT tersebut dihubungkan pada beban.

Tabel 1. Hasil Pengujian Laboratorium Pembangkit menggunakan Terowongan Angin

No.	Kec Angin	Teg. Generator	Teg. Penyearah	Arus Penyearah	Teg. MPPT	Arus Beban	Daya Beban
1	1,20	0.93	0.91	0.052	1.2	0.028	0.033
2	1,45	1.22	1.2	0.082	9.41	0.009	0.087
3	1,65	1.45	1.43	0.131	10.21	0.017	0.176
4	2,05	1.57	1.56	0.323	11.67	0.043	0.498
5	2,18	2.45	2.42	0.422	12.02	0.082	0.987
6	2,34	6.34	6.33	0.623	12.25	0.316	3.867
7	2,58	7.89	7.85	0.856	12.32	0.540	6.652
8	3,45	8.45	8.41	0.892	12.45	0.593	7.389
9	3,87	10.46	10.44	0.982	12.73	0.794	10.103
10	3,79	12.2	11.98	1.189	12.87	1.097	14.124
11	3,98	12.5	12.46	1.253	12.89	1.180	15.215

Terlihat bahwa daya yang melalui beban bervariasi sesuai dengan kecepatan angin, pada saat tegangan dihasilkan oleh generator dibutuhkan kecepatan angin 3,79 m/s agar tegangan yang dihasilkan dapat melakukan pengisian baterai. Kondisi ini berbeda ketika setelah keluaran dari MPPT dimana tegangan 12 Volt dapat dicapai pada kecepatan angin sebesar 2,18 m/s.



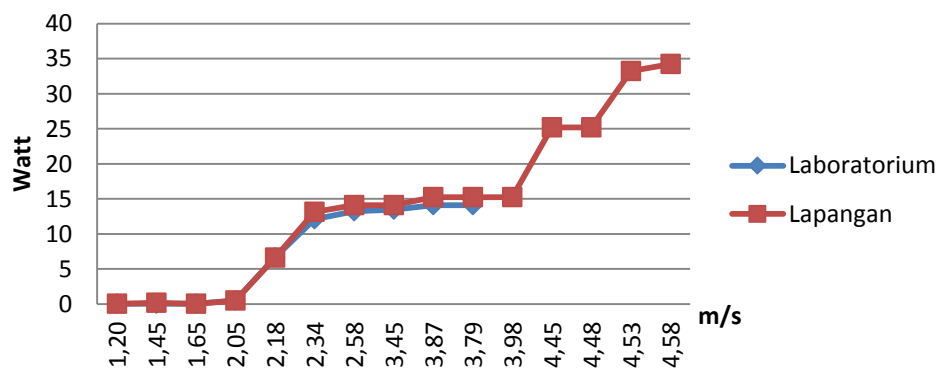
Gambar 4. Grafik perbandingan tegang sebelum dan setelah menggunakan MPPT

Suasana pengujian pembangkit di laboratorium menggunakan terowongan angin dan suasana pengujian pembangkit di lapangan dilakukan di kebun lada Gambar 5.



Gambar 5. A. Pengujian di Laboratorium menggunakan terowongan angin
 B. Suasana Pengujian Pembangkit di kebun lada

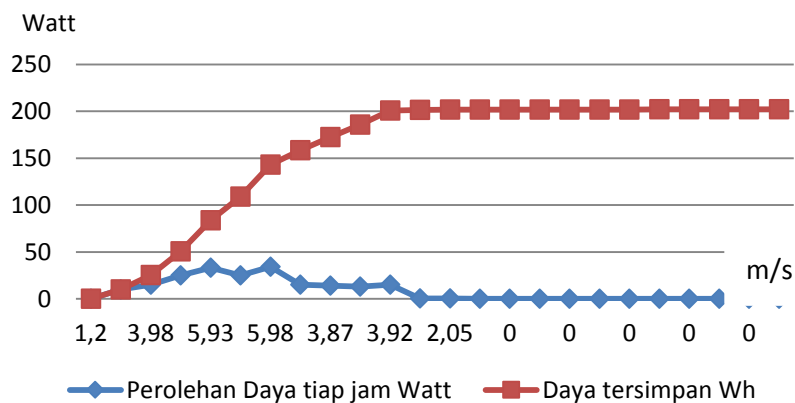
Pengujian menggunakan terowongan angin menghasilkan angin dengan kecepatan 3,9 m/s kondisi ini berbeda dengan kondisi yang didapatkan di lapangan dimana kecepatan angin dapat mencapai 4,68 m/s. Untuk kondisi kecepatan angin 2,34 m/s daya yang dihasilkan sebesar 9 Watt sedangkan untuk kecepatan angin 3,98 m/s daya yang dihasilkan sebesar 15 Watt. Pada hasil pengujian di lapangan daya yang dihasilkan akan terus naik seiring dengan kecepatan angin, pada kecepatan angin 4,58 m/s menghasilkan daya sebesar 34 Watt (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Perbandingan Perolehan daya listrik terhadap kecepatan Angin

Gambar 7 memperlihatkan hasil perolehan daya pengujian di kebun lada selama 24 jam, pada tiap jam diperoleh daya maksimum sebesar 35 Watt dengan kecepatan angin pada kisaran 5,98 m/s. Kecepatan angin yang tinggi berada pada kondisi siang hari hanya pada kondisi-kondisi tertentu saja kisaran angin yang tinggi dapat terjadi di malam hari [2]. Kisaran kecepatan angin maksimal di Pangkalpinang dapat mencapai di atas 10 m/s yang sering terjadi pada bulan Maret dan Desember dengan arah angin dari tenggara yang juga biasanya menandakan awal memasuki musim kemarau [2]. Dengan mengacu pada data tersebut menurut perkiraan daya yang dihasilkan pada kecepatan angin 10m/s dapat menghasilkan daya 70 Watt. Untuk mencapai tegangan 12 Volt dibutuhkan putaran 200 rpm, untuk data keluaran dari generator maksimal daya yang dapat dihasilkan sebesar 100 Watt pada kondisi ini putaran generator dapat mencapai 1000 rpm [5].

Pada pengujian selama 24 jam daya listrik yang dapat di kumpulkan sebesar 200 Watt (0.2 kW) dengan kapasitas baterai yang digunakan 12 Volt 7,3 Ah setara dengan 87 Watt x 3 sama dengan 262 Watt (0,262 kW). Daya tersebut masih memungkinkan untuk digunakan sebagai penerangan dengan beban 10 W LED jenis Plasma dengan demikian diperkirakan lampu tersebut dapat menyala selama 5 hari tanpa angin. Dengan menggunakan sistem pengecasan secara otomatis sesuai dengan kapasitas baterai yang digunakan maka apabila terjadi kondisi angin yang terus menerus maka tidak akan terjadi kondisi *over charging* yang dapat merusak baterai itu sendiri. Agar lampu yang digunakan lebih efisien maka sistem penyalanya menggunakan sensor peka cahaya.



Gambar 7. Perolehan Daya Listrik Selama 24 Jam

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada pemantauan 24 Jam kecepatan angin rata-rata di lingkungan kebun Lada 2,5 m/det, puncak angin tertinggi 4.5 m/det selama 3 jam. Kondisi ini menghasilkan daya rata-rata 0.2 kWh/ 24 jam. Baterai/Akumulator yang digunakan 12 V 7,5 Ah sebanyak 3 unit dengan kapasitas 0,25 kWh menggunakan sistem pengecasan secara bergantian yang dikendalikan oleh kontroler Arduino. Beban yang digunakan berupa lampu LED 10 W yang dikendalikan oleh sensor cahaya dan aktif pada malam hari sehingga mampu beretahan selama 5 hari tanpa angin.

Saran

Pada penerapannya sistem pembangkit listrik tenaga angin ini sangat cocok digunakan di daerah pesisir, pulau kecil, perahu nelayan, dan kebun yang memiliki ciri hamparan yang luas dengan tiupan angin terbuka tanpa halangan.. Perlunya ditingkatkan perolehan daya yang lebih besar.

Ucapan terima kepada DIKTI yang telah memberikan dana dalam kegiatan penelitian ini melalui program Hibah Bersaing 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchlis, Moch dan Adhi Darma Permana, "Proyeksi Kebutuhan Listrik Pln Tahun 2003 S.D 2020" http://www.oocities.org/markal_bppt diakses pada 10 Sept.2016.
- [2] -----, "prediksi cuaca bangka belitung" <http://meteo.bmkg.go.id/> diakses 07 Juli 2016
- [3] Kristyanto, Rudyana., Perancangan Generator DC Magnet Permanen Barium Ferit Putaran Rendah Untuk Aplikasi Listrik Tenaga Angin Menggunakan Finite Element Methode Magnetics (FEMM) Software, digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate.../13788, diakses 10 April 2013.
- [4] Subekti, Ridwan Arif., Anjar Susatyo, dan Puji Irasari.,2011, *Perancangan dan Analisis Prototip Unit Turbin Generator Tipe Submersible Skala Piko Hidro untuk Aplikasi pada Sungai Datar*, Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI, Bandung
- [5] Jumnahdi, Muhammad., 2015 *Rancangbangun Generator Listrik Mangnet Permanen Putaran Rendah menggunakan Stator Ganda*, Seminar Nasional Ketenaga listrikan Universitas Hasanudin ,Makasar
- [6] Young, DH and Roger A. Rfeedman., *Fisika Universitas Jilid 2*, Edisi kesepuluh alih bahasa Patursilaban, Penerbit Erlangga, Jakarta,1999.
- [7] -----, "LECTURE 39 CCM to DCM Boundary Conditions" <http://www.engr.colostate.edu> diakses 07 Juli 2016
- [8] VP, Jaseem " 12 V Battery Charger Circuit With Auto Cut off" www.circuitgallery.com/2013/04/automatic-battery-charger-controller.html diakses pada 10 Juli 2016.
- [9] -----, "Arduino Tutorial Learn Electronics using Arduino" <http://www.ladyada.net> diakses pada 25 Juli 2016.