

Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel

Yusuf Ismail Nakhoda¹, Chorul Saleh²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

E-mail: yusuf_nakhoda@lecturer.itn.ac.id

Abstrak – Pemanfaatan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah namun punya potensi yang sangat besar. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi kincir angin perlu dikembangkan agar pada kondisi kecepatan angin yang rendah dapat menghasilkan energi listrik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan kajian teknis terhadap mesin konversi energi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber energi angin secara optimal dalam menghasilkan energi listrik. Untuk itu, dalam penelitian ini dikembangkan prototipe dengan melakukan rancang bangun generator magnet permanen pembangkit tenaga listrik menggunakan kincir angin sumbu vertikal model Savonius dengan konstruksi dibuat secara portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah serta dapat menghasilkan energi listrik yang maksimal dengan memanfaatkan kecepatan angin yang relatif rendah.

Kata kunci : generator magnet permanen, kincir angin Savonius, portabel.

Abstract – The utilization of wind energy in Indonesia is still relatively low but has a huge potential. One reason is because the average wind speed in the region of Indonesia relatively low wind speeds, ranging from 3 m / s to 5 m / s making it difficult to produce electricity on a large scale. Nevertheless, the wind potential in Indonesia available almost all year round, making it possible to develop small-scale power generation systems. Innovation in modifying the windmills need to be developed at low wind speed conditions can produce electrical energy. One effort that can be done is to conduct technical studies on energy conversion engine that can be used to harness wind energy resources optimally to produce electrical energy. Therefore, in this study developed a prototype by design permanent magnet generator power generation using windmills vertical axis models Savonius construction made portable, so it can be assembled and be moved easily and can generate electrical energy by utilizing the maximum speed wind relatively low.

Keywords : permanent magnet generator, windmills Savonius, portable.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan energi terbarukan dapat dijadikan unggulan untuk mendampingi atau mensubstitusi penggunaan bahan bakar minyak. Pengkajian energi ini mutlak dilakukan agar tidak terjadi krisis energi. Melalui kajian mesin konversi energi maka energi terbarukan di Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan energi di dalam menunjang keberlangsungan pembangunan dan kebutuhan manusia di bidang energi. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Energi ini merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan.

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu

berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil. Salah satu bentuk kincir angin yang relatif mudah dibuat adalah kincir angin dengan sumbu vertikal. Kincir angin jenis ini berputar dengan memanfaatkan kecepatan angin dari berbagai arah dan mudah dikonversi untuk membangkitkan energi listrik.

II. TUNJAUAN PUSTAKA

A. Kincir angin

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai

dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik.

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu Turbin Angin Sumbu Mendatar (Horizontal Axis Wind Turbine) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine) (Daryanto, 2007).

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Turbin angin sumbu vertikal mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu mendatar.

Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya lift. (Mittal, 2001). Turbin Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari sudu-sudu setengah silinder (Soelaiman, 2006).

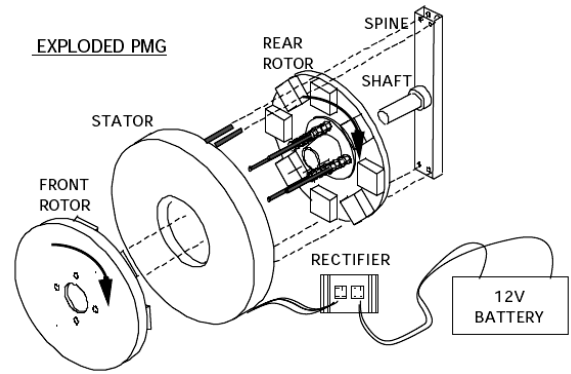


Gambar 1. Kincir angin sumbu vertikal model Savonius

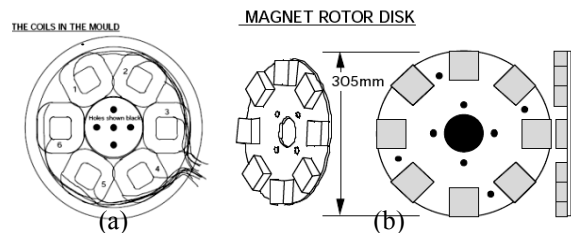
B. Generator Magnet Permanen

Desain dari generator magnet permanen sendiri dirancang secara khusus karena mempertimbangkan energi utama yang dikonversi adalah energi angin. Dibutuhkan rpm rendah untuk memutar generator magnet permanen supaya menghasilkan listrik.

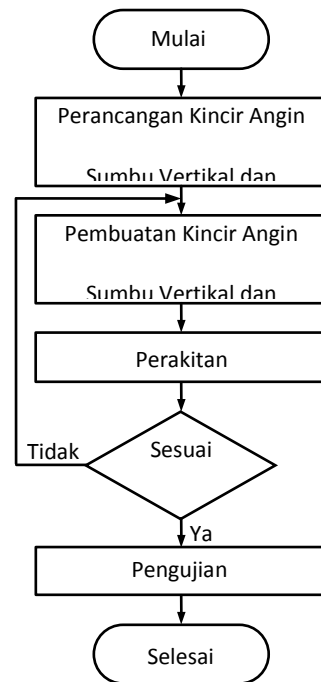
Fluksi magnet yang dibutuhkan untuk pembangkitan energi listrik didapat dari magnet permanen, maka generator tidak memerlukan proses *exitasi* pembangkitan sehingga efisiensi penggunaan energi listrik untuk dimanfaatkan sebagai suplai beban sangat baik.



Gambar 2. Konstruksi dari generator magnet permanen



Gambar 3. Konstruksi (a) stator dan (b) rotor generator magnet permanen

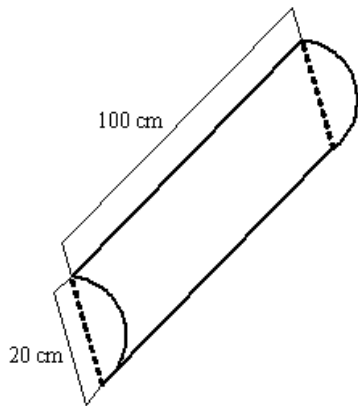


Gambar 4. Diagram alir rancang bangun kincir angin dan generator

III. RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN

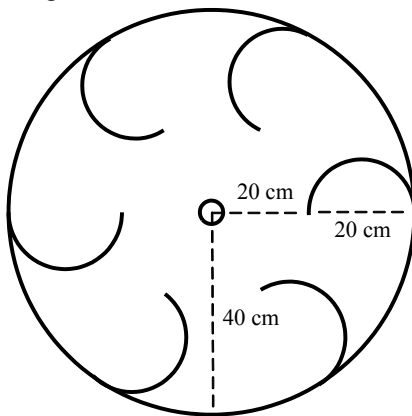
Banyak model atau jenis kincir angin sumbu vertikal, dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah dapat digunakan pada kecepatan angin yang rendah. Dalam penelitian dikembangkan prototipe kincir angin sumbu vertikal model Savonius. Pada jenis ini, angin yang berhembus salah satu bilah rotor diharapkan lebih banyak mengalir ke bilah rotor lainnya melalui celah di sekitar poros

sehingga menyediakan daya dorong tambahan pada bilah rotor ini, akibatnya rotor dapat berputar lebih cepat.

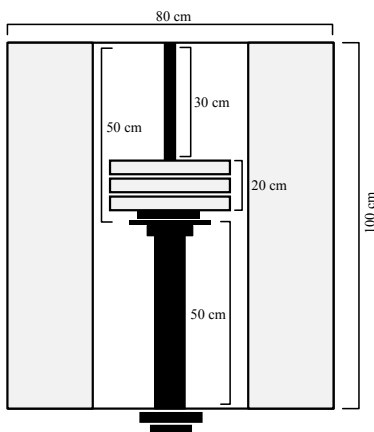


Gambar 5. Desain *blade* kincir angin

Desain kincir angin sumbu vertikal dibuat dengan 6 (enam) buah *blade* yang model konstruksinya dibuat secara portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah.



Gambar 6. Desain rumah *blade* kincir angin



Gambar 7. Desain kincir angin sumbu vertikal dan generator magnet permanen

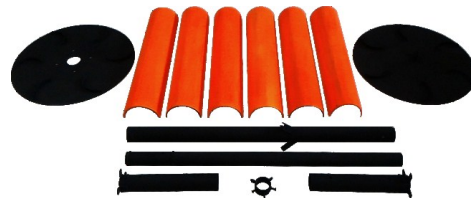
A. Pembuatan Kincir Angin

Dalam proses pembuatan *blade* dipilih bahan material dari pipa PVC dengan diameter 20 cm dan

panjang 100 cm, sedangkan untuk rumah *blade* atas dan bawah dari bahan plat besi dengan diameter 80 cm.



Gambar 8. Konstruksi enam buah *blade* kincir angin

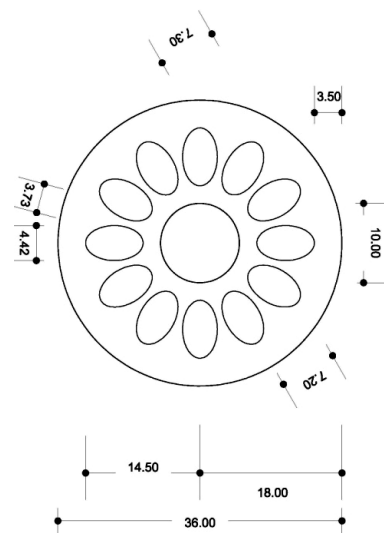


Gambar 9. Komponen kincir angin, rumah *blade* dan tiang penyangga.

Dalam merancang generator magnet permanen terlebih dahulu dilakukan pembuatan desain stator dan rotor. Beberapa parameter yang dapat menentukan kapasitas daya generator yang diinginkan seperti, kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat. Tujuan perancangan alat ini adalah untuk mempermudah menentukan jumlah kumparan pada stator dan ukuran diameter kawat tembaga serta jumlah magnet yang akan digunakan.

B. Perancangan Stator

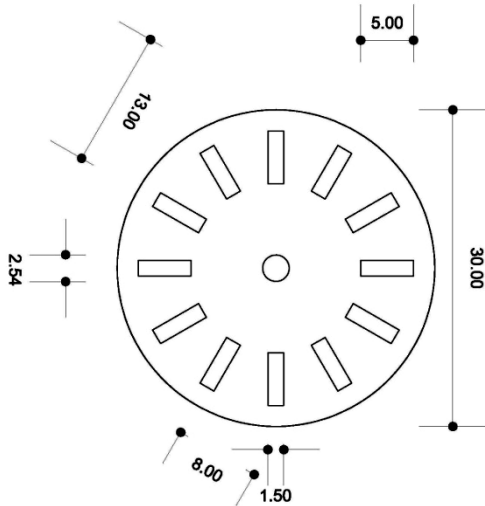
Stator generator memiliki 12 buah lilitan kumparan yang diseri dalam 1 fase. Sedangkan masing-masing lilitan kumparan di buat dengan diameter 3 cm dan 6 cm. Lilitan-lilitan kumparan tersebut dibuat dari kawat email dengan ukuran 1 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 150 buah.



Gambar 10. Desain stator generator magnet permanen

C. Perancangan Rotor

Rotor generator yang dirancang memiliki 12 buah pasang kutub 1 fasa. Kutub-kutub disusun dari magnet permanen ND-35 berukuran 50 mm x 15mm x 6 mm. Magnet –magnet ini di susun pada piringan akrilik yang dipasang pada puli untuk membentuk piringan magnet. Kedua piringan magnet ini disusun secara berhadapa-hadapan dengan kutub utara magnet piringan pertama berhadapan dengan kutub selatan piringan magnet ke-2.



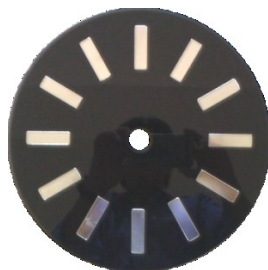
Gambar 11. Desain rotor generator magnet permanen

D. Pembuatan Stator dan Rotor

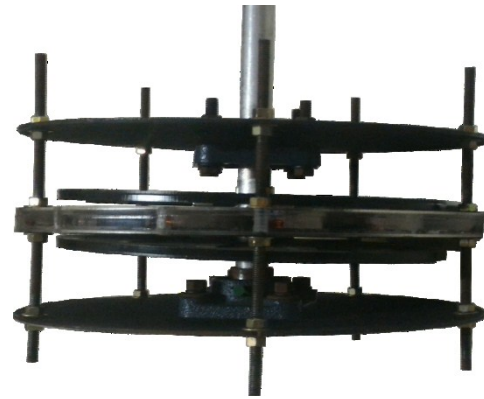
Generator magnet permanen ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan berputar pada kecepatan 500 rpm. Tegangan keluaran dirancang 41Volt, 1 fasa, kapasitas daya keluaran 615 Watt.



Gambar 12. Konstruksi stator generator dengan 12 lilitan kumparan



Gambar 13. Konstruksi rotor generator dengan 12 kutub magnet permanen



Gambar 14. Konstruksi hasil perakitan generator magnet permanen



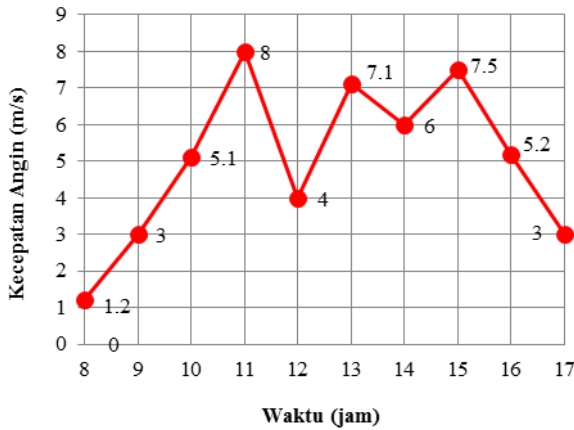
Gambar 15. Konstruksi hasil perakitan kincir angin dan generator magnet permanen dengan tiang penyangga

IV. PENGUJIAN ALAT

Sebelum pengujian alat, dilakukan pengukuran kecepatan angin di sekitar Kampus 2 ITN Malang, selanjutnya pengujian tegangan keluaran tanpa beban generator magnet permanen terhadap putaran rotor generator, pengujian generator magnet permanen berbeban dengan mengukur tegangan keluaran dan besarnya arus terhadap putaran rotor generator.

Pengukuran Kecepatan Angin

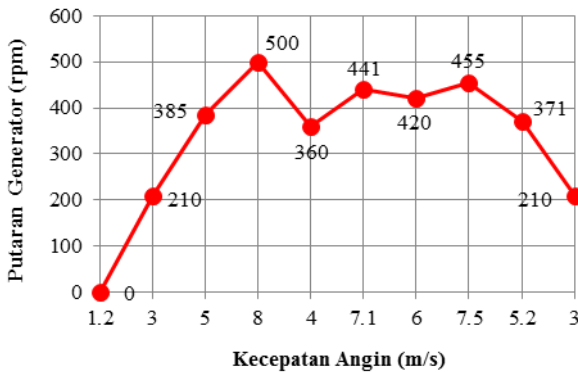
Untuk mengetahui karakteristik angin, dilakukan pengukuran (di area Kampus 2 ITN Malang) mulai tanggal 17 Juni 2016 sampai 23 Juni 2016, pengambilan data kecepatan angin dilakukan selama 9 jam (08.00 - 17.00). Gambar 16 menunjukkan hasil pengukuran kecepatan angin.



Gambar 16. Grafik karakteristik kecepatan angin (di area Kampus 2 ITN Malang)

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran, diketahui kecepatan angin rata-rata 5 m/s, dengan kecepatan angin minimal 1,2 m/s terjadi pada pagi hari (jam 08.00) dan kecepatan angin maksimal 8 m/s terjadi pada siang hari (jam 11.00).

Pengujian Kincir Angin Tanpa Beban



Gambar 17. Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran generator tanpa beban

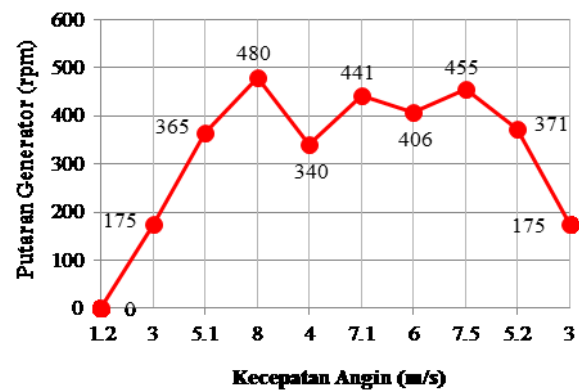
Pada Gambar 17, generator akan berputar pada kecepatan angin minimal 3 m/s menghasilkan putaran generator 210 rpm dan pada kecepatan angin maksimal 8 m/s menghasilkan putaran angin 500 rpm.

Pada Gambar 18, kecepatan angin minimal 3 m/s menghasilkan tegangan 6 Volt dan pada kecepatan angin maksimal 8 m/s menghasilkan tegangan sebesar 14,8 Volt. Besarnya tegangan listrik yang dibutuhkan pada saat melakukan proses pengisian accumulator adalah 12,6 sampai 14,8 volt.



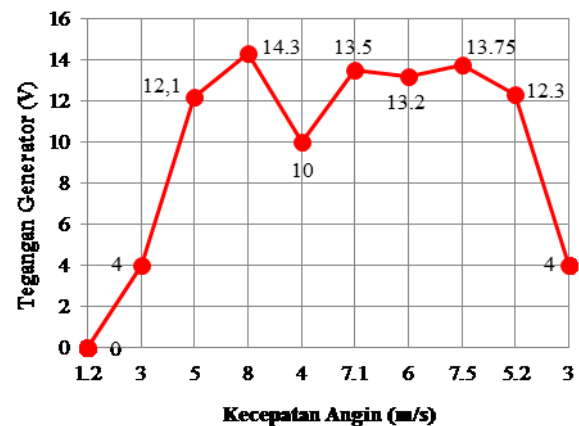
Gambar 18. Grafik hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluaran generator tanpa beban

Pengujian Kincir Angin Berbeban

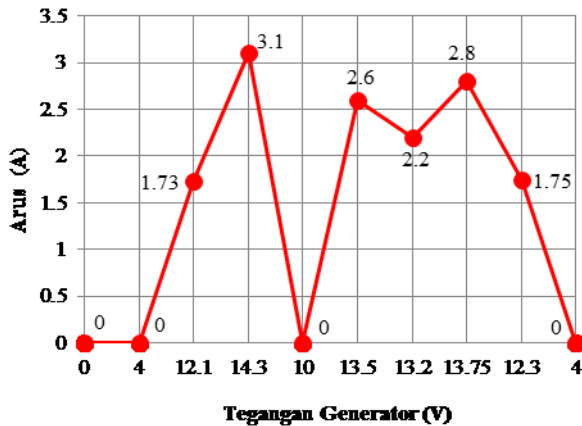


Gambar 19. Grafik hubungan kecepatan angin terhadap putaran generator yang dihubungkan dengan accumulator

Pada Gambar 19, kecepatan angin 5 m/s sampai 8 m/s dapat memutar generator dengan kecepatan 365 rpm sampai 480 rpm, generator telah mampu menghasilkan tegangan listrik melebihi 12 volt. Dari sini dapat diketahui bahwa batas kecepatan angin yang diperlukan agar generator mampu menghasilkan tegangan listrik yang cukup untuk mengisi accumulator adalah mulai dari kecepatan 5 m/s sampai 8 m/s.



Gambar 20. Grafik hubungan antara kecepatan angin terhadap tegangan keluaran generator yang dihubungkan dengan accumulator



Gambar 20. Grafik hubungan antara tegangan generator terhadap arus keluaran generator yang dihubungkan dengan accumulator

Pada kecepatan angin 5 m/s sampai dengan 8 m/s pengisian accumulator paling efektif dilakukan, pada kecepatan angin 5 m/s tegangan yang dihasilkan adalah 12,10 V dengan arus 1,73 A, sedangkan pada kecepatan angin 8 m/s tegangan yang dihasilkan 14,30 V dengan arus 3,10 A.

V. KESIMPULAN

1. Prototipe kincir angin sumbu vertikal (VAWT) model Savonius ini dirancang bangun dengan menggunakan enam buah *blade* dan generator magnet permanen dengan sebuah stator dan dua buah rotor serta tiang penyangga yang seluruh bagian komponen dengan model konstruksinya dibuat secara portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah.
2. Pengujian dengan pengukuran tegangan generator tanpa beban pada kecepatan angin 1,2 m/s sampai dengan 8 m/s mulai menghasilkan tegangan keluaran generator pada kecepatan angin 3 m/s sebesar 6 V sampai dengan 14,8 V.
3. Pengujian dengan pengukuran tegangan generator setelah dihubungkan dengan accumulator pada kecepatan angin 3 m/s sampai dengan 8 m/s menghasilkan tegangan keluaran generator 4 V sampai dengan 14,3 V. Pada kecepatan angin 5 m/s sampai dengan 8 m/s dapat memutar generator dengan kecepatan 365 rpm sampai dengan 480 rpm menghasilkan tegangan 12,10 V sampai dengan 14,3 V dapat melakukan proses pengisian accumulator dengan arus 1,73 A sampai dengan 3,1 A.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Culp, Archie W., 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: *Principles of Energy Conversion*. 1979. Mc Graw-Hill, Ltd

[2]. Daryanto, Y., 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG - UPT-LAGG

[3]. Dutta, Animesh. 2006. *Basics of Wind Technology*. Asian Institute of Technology Thailand. 6 Juli 2006

[4]. Giles, Ranald V., 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.

[5]. Guntoro, W., 2008. *Studi Pengaruh Panjang dan Jumlah Baling-Baling Terhadap Efisiensi Daya Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Bandung: ITB

[6]. Kamal, Faizul M., 2008. *Aerodynamics Characteristics of A Stationary Five Bladed Vertical Axis Vane Wind Turbine*. Journal of Mechanical Engineering, Vol. ME39, No. 2, pp. 95-99

[7]. Khan, N.I., Iqbal, M.T., Hinchey, Michael, dan Masek, Vlastimil. 2009. *Performance of Savonius Rotor As A Water Current Turbine*. Journal of Ocean Technology. Vol. 4, No. 2, pp. 71-83

[8]. Mittal, Neeraj. 2001. *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde

[9]. Nakajima, M., Lio, S., dan Ikeda, T., 2008. *Performance of Double-step Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hidroulic Turbine*. Journal of Fluid Science And Technology. Volume 3 No. 3, pp 410-419

[10]. Rosidin, Nanang. 2007. *Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol*. Bandung: ITB

[11]. Soelaiman, F., Tandian, Nathanael P., dan Rosidin, N., 2006. *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside untuk Penerangan Jalan Tol*; Bandung. ITB

[12]. Hariyotejo Pujowidodo, Jefri Helian, Gatot Eka Pramono, Abrar Ridwan. *Pengembangan Generator Mini Dengan Menggunakan Magnet Permanen* Departemen Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

[13]. Pudji Irasari, Novrita Idayanti, 2007. *Aplikasi Magnet Permanen BaFe12O19 dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

[14]. Nanang Sudrajat, Tony Kristianto, 2013. *Fabrikasi Magnet Permanen Bonded NdFeB untuk Prototipe Generator*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

[15]. <http://cleangreenenergyzone.com/cardboard-savonius-wind-turbine/>

[16]. <http://www.scoraigwind.com/pmgbooklet/itpmg.pdf>