

RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK SUMBU VERTIKAL SAVONIUS PORTABEL MENGUNAKAN GENERATOR MAGNET PERMANEN

1) Yusuf Ismail Nakhoda, 2) Chorul Saleh

^{1,2)}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

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 kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal model Savonius menggunakan generator magnet permanen 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 : kincir angin sumbu vertikal, *Savonius*, generator magnet permanen, portabel.

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.

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.

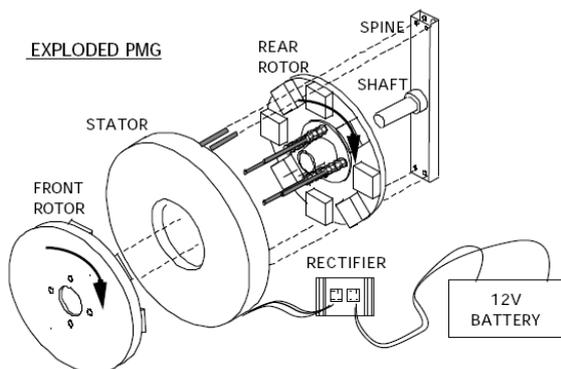
Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya *lift*. (Mittal, 2001). Turbin Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi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



Gambar 1. Kincir angin sumbu vertikal model Savonius

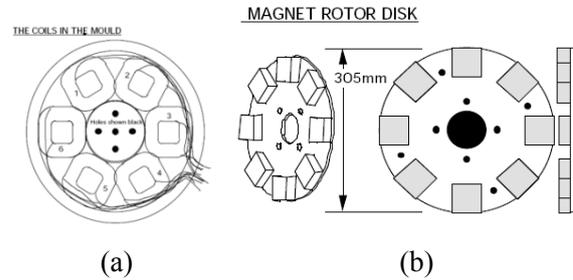
Generator Magnet Permanen

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.

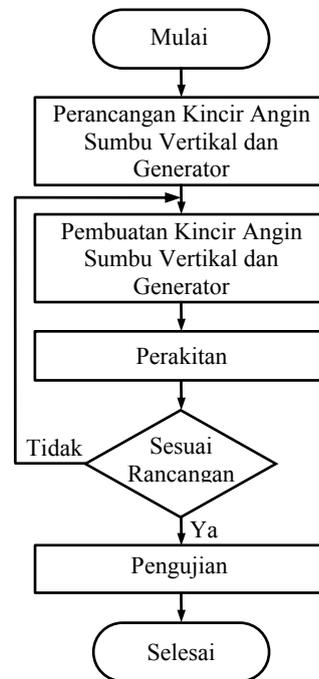


Gambar 2. Konstruksi dari generator magnet permanen

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



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

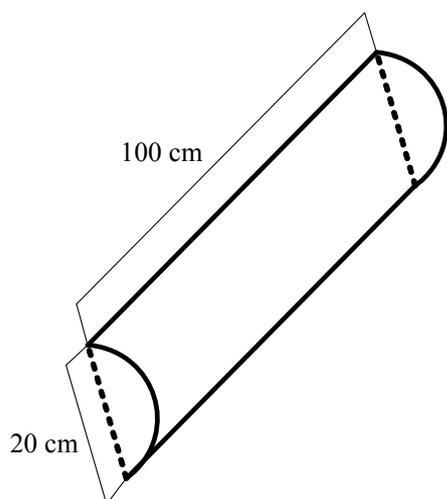


Gambar 4. Diagram alir rancang bangun

METODE

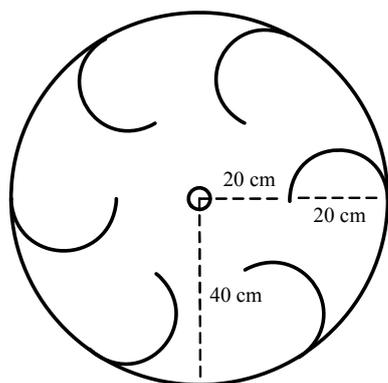
Perancangan Kincir Angin

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.

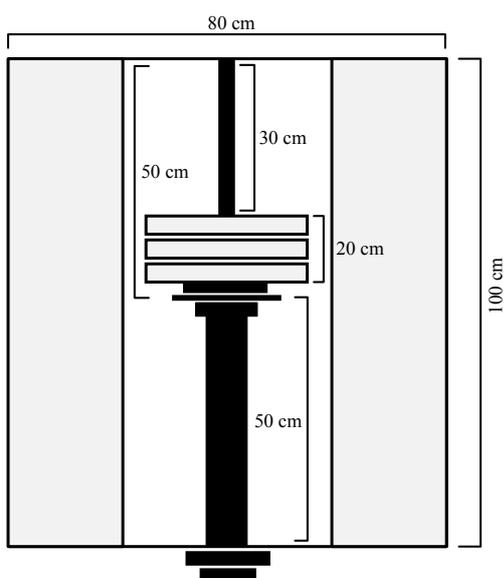


Gambar 5. Desain *blade* kincir angin

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



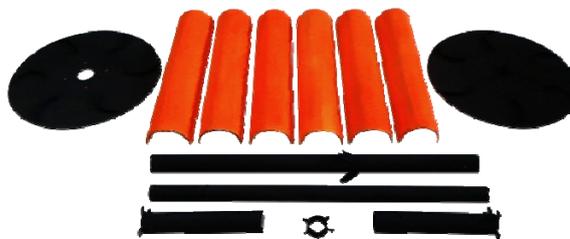
Gambar 7. Desain kincir angin sumbu vertikal dan generator magnet permanen

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



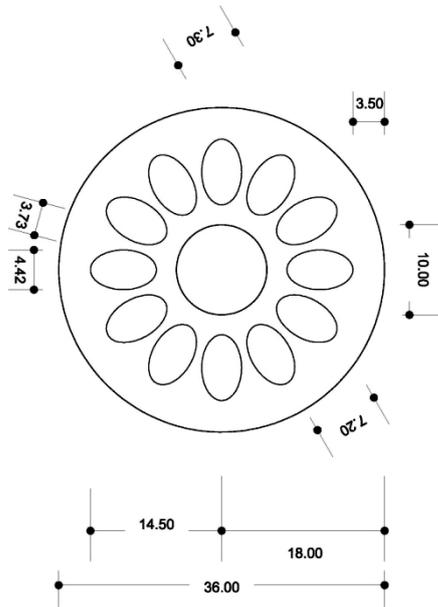
Gambar 9. Komponen kincir angin, rumah *blade* dan tiang penyangga.

Rancang Bangun Generator Magnet Permanen

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.

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

Pembuatan Stator dan Rotor

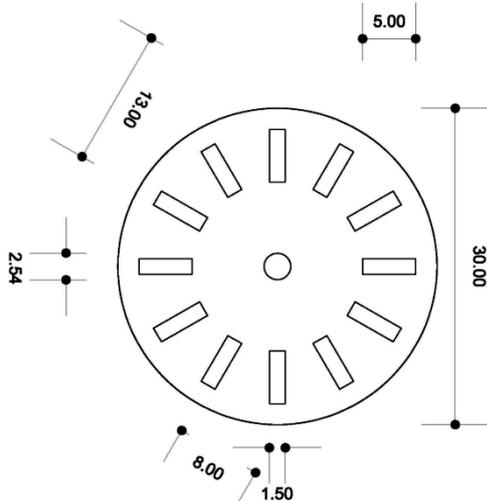
Generator magnet permanen ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan berputar pada kecepatan 500 rpm. Tegangan keluaran dirancang 41Volt, 1 fasa, kapasitas daya keluaran 615 Watt.



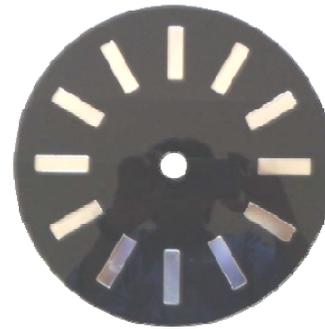
Gambar 12. Konstruksi stator generator dengan 12 lilitan kumparan

Perancangan Rotor

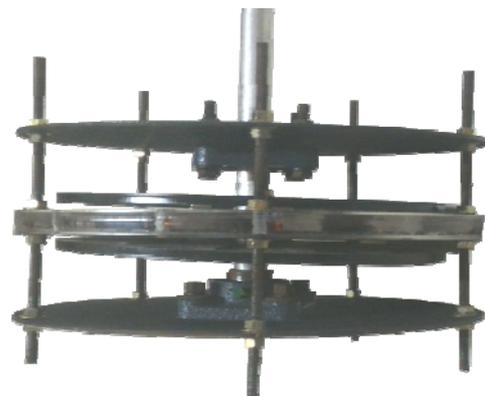
Rotor generator yang dirancang memiliki 12 buah pasang kutub 1 fasa. Kutub-kutub disusun dari magnet permanen ND-35 berukuran 50 mm x 15mm x 6 mm. Magnet – magnet ini di susun pada piringan akrilik yang dipasang pada puli untuk membentuk piringan magnet. Kedua piringan magnet ini disusun secara berhadapa-hadapan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



Gambar 11. Desain rotor generator magnet permanen



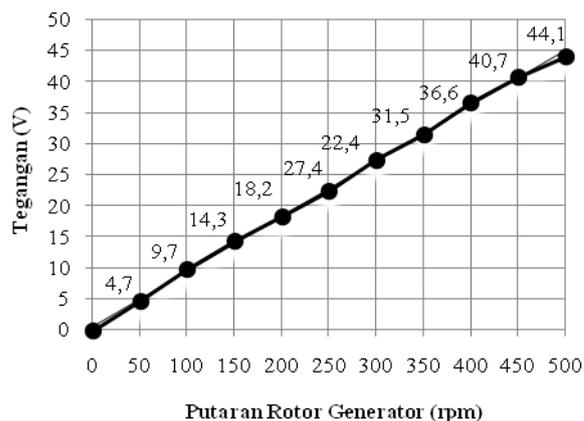
Gambar 13. Konstruksi rotor generator dengan 12 kutub magnet permanen



Gambar 14. Konstruksi hasil perakitan generator magnet permanen

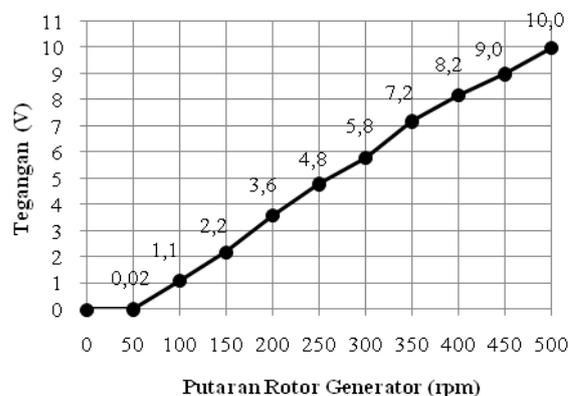


Gambar 15. Konstruksi hasil perakitan kincir angin dan generator magnet permanen dengan tiang penyangga



Gambar 16. Grafik hubungan putaran rotor terhadap tegangan keluaran generator magnet permanen tanpa beban

Pengujian Kincir Angin Berbeban



Gambar 17. Grafik hubungan putaran rotor terhadap arus keluaran generator magnet permanen berbeban

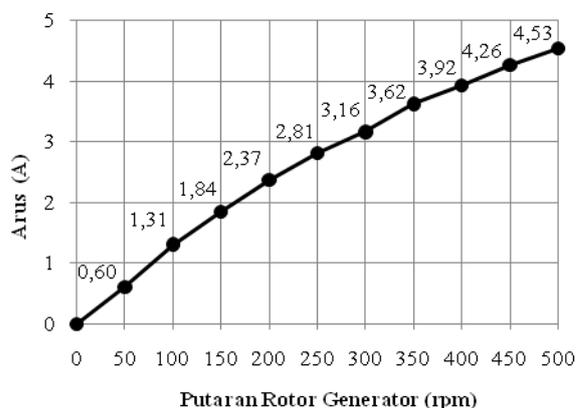
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat

Pengujian pembangkit listrik tenaga angin adalah untuk mengetahui energi yang dihasilkan kincir angin serta untuk mengetahui berapa besar tegangan yang mengalir baik tegangan minimal, maupun tegangan maksimalnya. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran tanpa beban generator magnet permanen terhadap putaran rotor generator. Selanjutnya dilakukan pengujian generator magnet permanen berbeban dengan mengukur tegangan keluaran dan besarnya arus terhadap putaran rotor generator.

Pengujian Kincir Angin Tanpa Beban

Pada pengujian dengan pengukuran tegangan generator tanpa beban pada kecepatan putaran rotor generator 50 rpm sampai dengan 500 rpm dihasilkan tegangan keluaran sebesar 4,7 Volt sampai dengan 44,1 Volt.



Gambar 18. Grafik hubungan putaran rotor terhadap arus keluaran generator magnet permanen berbeban

Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan pada saat pengujian generator magnet permanen dengan beban lampu 70 W adalah 0,02 V sampai dengan 10 V dengan arus 0,60 A sampai dengan 4,53 A.

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 putaran rotor generator 50 rpm sampai dengan 500 rpm dihasilkan tegangan keluaran sebesar 4,7 V sampai dengan 44,1 V.
3. Dari pengukuran putaran rotor generator setelah dipasang beban lampu 70 W dengan putaran rotor generator 50 rpm sampai dengan 500 rpm dapat menghasilkan tegangan listrik keluaran sebesar 0,02 V sampai dengan 10 V dan arus listrik sebesar 0,60 A sampai dengan 4,53 A.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp, Archie W., 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: *Principles of Energy Conversion*. 1979. McGraw-Hill, Ltd
- Daryanto, Y., 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- Dutta, Animesh. 2006. *Basics of Wind Technology*. Asian Institute of Technology Thailand. 6 Juli 2006
- Giles, Ranald V., 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Guntoro, W., 2008. *Studi Pengaruh Panjang dan Jumlah Baling-Baling Terhadap Efisiensi Daya Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Bandung:ITB
- Kamal, Faizul M., 2008. *Aerodynamics Characteristics of A Stationary Five Bladed Vertical Axis Vane Wind Turbine*. Journal of MechanicalEngineering, Vol. ME39, No. 2, pp. 95-99
- 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
- Mittal, Neeraj. 2001. *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde
- Nakajima, M., Lio, S., dan Ikeda, T., 2008. *Performance of Double-step Savonius Rotor for Environmentally Friendly Hidroulic Turbine*. Journal of FluidScience And Technology. Volume 3 No. 3, pp 410-419
- Rosidin, Nanang. 2007. *Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol*. Bandung: ITB
- 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
- 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.
- Pudji Irasari, Novrita Idayanti, 2007. *Aplikasi Magnet Permanen BaFe12O19 dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
- Nanang Sudrajat, Tony Kristianto, 2013. *Fabrikasi Magnet Permanen Bonded NdFeB untuk Prototipe Generator*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- <http://cleangreenenergyzone.com/cardboard-savonius-wind-turbine/>
- <http://www.scoraigwind.com/pmgbooklet/itpmg.pdf>