

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK SKALA KECIL MENGUNAKAN KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL LENZ2 PORTABEL

Yusuf Ismail Nakhoda^[1], Chorul Saleh^[2]

*^{[1], [2]}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 Lenz2 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 Lenz2, portabel.*

1. 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.

Kincir Angin

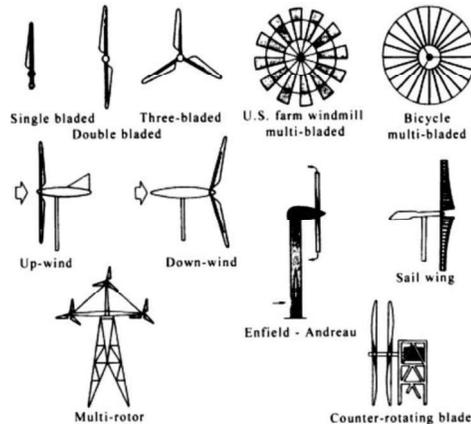
Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau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

Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

HAWT merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputardengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. Biasanya turbin jenis ini memiliki *blade* berbentuk *airfoil* seperti bentuk sayap pada pesawat. Secara umum semakin banyak jumlah *blade*, semakin tinggi putaran turbin.

Setiap desain rotor mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan turbin jenis ini, yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, dan *cut-in wind speed* rendah. Kekurangannya, yaitu turbin jenis ini memiliki desain yang lebih rumit karena rotor hanya dapat menangkap angin dari satu arah sehingga dibutuhkan pengarah angin.



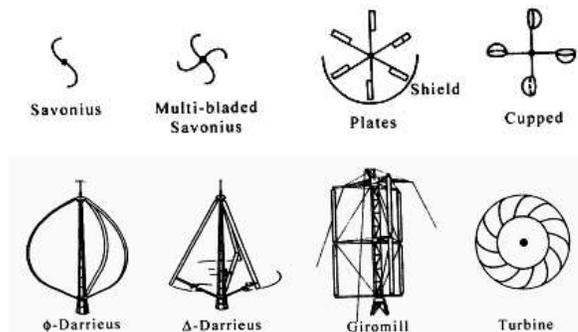
Gambar 1. Macam-macam desain turbin angin HAWT [2]

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

VAWT merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga 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 HAWT.

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 dua buah sudu setengah silinder (Soelaiman, 2006).

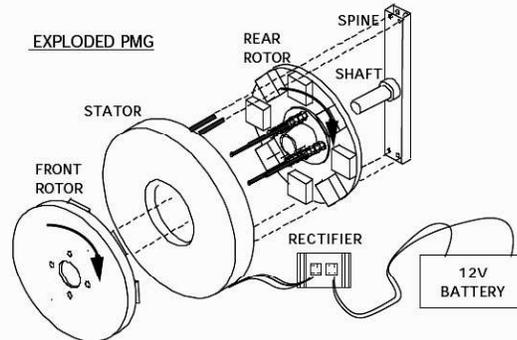
Salah satu model VAWT yang mempunyai desain terbaik yang menggunakan kombinasi *drag* dan *lift* untuk menghasilkan tenaga, sehingga memiliki torsi *startup* yang sangat baik dan efisiensi adalah model Lenz2 (<http://www.thebackshed.com/Windmill/articles/Lenz23.asp>)



Gambar 2. Macam-macam desain kincir angin VAWT [8]

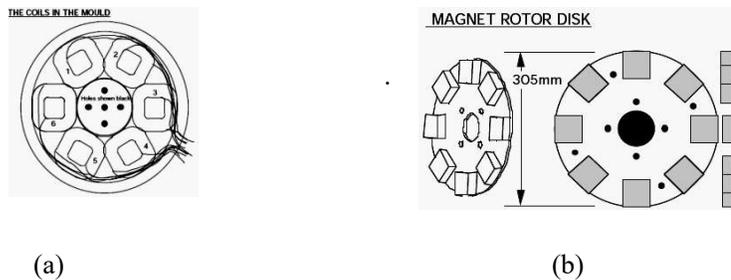
Permanent Magnet Generator (PMG)

Desain dari PMG sendiri dirancang secara khusus karena mempertimbangkan energi utama yang dikonversi adalah energi angin. Dibutuhkan rpm rendah untuk memutar PMG supaya menghasilkan Listrik. Gambar 3 menunjukkan konstruksi dari PMG dengan 1 buah stator dan 2 buah rotor.



Gambar 3. (a) Konstruksi PMG dengan 1 buah stator dan 2 buah rotor [16]

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 sangattinggi.



Gambar 4. Konstruksi (a) stator dan (b) rotor generator magnet permanen [16]

2. Rancang Bangun Kincir Angin

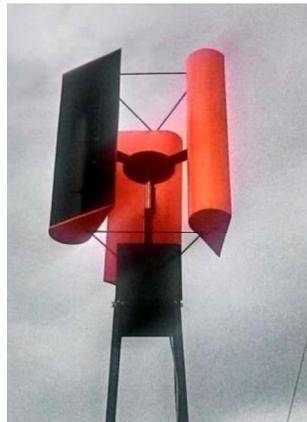
Banyak model atau jenis kincir angin sumbu vertikal, dari beberapa faktor yang harus dipertimbangkan, salah satunya adalah dapat digunakan pada kecepatan angin yang rendah. Dalam penelitian dikembangkan prototipe VAWT model Lenz2. Pada jenis ini, angin yang berhembus salah satu bilah rotor diharapkan 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. Prototipe dibuat dengan 3 (tiga) buah *blade* yang model konstruksinya dibuat secara portabel, sehingga dapat dirakit dan dipindah-pindah dengan mudah. Dalam proses pembuatannya dipilih bahan material untuk rangka blade dari besi pipa kotak dan untuk blade dari bahan plat aluminium.



Gambar 5. Bentuk blade kincir angin sumbu vertikal model Lenz2



Gambar 6. Bagian-bagian kincir angin sumbu vertikal, tower dan rumah generator



Gambar 7. Konstruksi kincir angin sumbu verikal model Lenz2 setelah dirakit

3. Rancang Bangun Generator Magnet Permanen

Dalam merancang PMG terlebih dahulu dilakukan pembuatan desain dudukan rotor, desain stator, serta desain poros. Desain proses berguna untuk mengintegrasikan semua proses yang terjadi dalam aplikasi yang di buat. 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 serta ukuran diameter kawat tembaga dan jumlah magnet yang akan digunakan.

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.

Stator generator memiliki 12 buah lilitan kumparan yang diseri dalam 1 fasa. 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.

Generator magnet permanen ini dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 Hz dan berputar pada kecepatan 500 rpm. Tegangan keluaran dirancang 24 Volt pada kondisi tanpa beban, untuk kemudian disearahkan untuk mengisi akumulator.



Gambar 8. (a) Konstruksi stator generator dengan 12 lilitan kumparan (b) dua rotor generator dengan 16 kutub dengan magnet permanen



Gambar 9. Konstruksi hasil perakitan PMG

4. 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 PMG terhadap putaran rotor generator. Selanjutnya dilakukan pengujian PMG untuk pengisian baterai dengan mengukur tegangan keluaran dan besarnya arus terhadap putaran rotor generator.

Pengujian Kincir Angin Tanpa Beban

Tabel 1. Hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran dan tegangan keluaran generator tanpa beban

Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan Keluaran Generator (V)
08.00	1,2	-	-
09.00	3,0	224	6,41
10.00	5,0	389	12,76
11.00	8,0	502	14,90
12.00	4,0	370	10,87
13.00	7,1	456	13,78
14.00	6,0	432	13,39
15.00	7,5	468	14,32
16.00	5,2	394	12,85
17.00	3,0	230	6,33

Pada pengujian antara kecepatan angin terhadap putaran dan tegangan keluaran generator tanpa beban pada kecepatan putaran rotor generator 224 rpm sampai dengan 502 rpm menghasilkan tegangan keluaran sebesar 6,41 V sampai dengan 14,90 V.

Pengujian Kincir Angin Setelah Dipasang Baterai

Tabel 2. Hubungan antara kecepatan angin terhadap putaran dan tegangan keluaran generator setelah dipasang baterai

Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan Keluaran Generator (V)
08.00	1,2	-	-
09.00	3,0	186	4,23
10.00	5,0	359	12,30
11.00	8,0	471	14,36
12.00	4,0	306	10,28
13.00	7,1	427	12,72
14.00	6,0	398	12,44
15.00	7,5	435	13,35
16.00	5,2	362	12,07
17.00	3,0	194	4,42

Dari pengukuran putaran rotor generator setelah dipasang baterai 12 V 32 Ah dapat diketahui bahwa putaran rotor generator terendah sebesar 186 rpm sampai dengan putaran rotor generator tertinggi sebesar 471 rpm, sedangkan tegangan generator mulai dapat mengisi baterai pada putaran rotor generator 362 rpm menghasilkan tegangan 12,07 V sampai dengan putaran rotor generator 471 rpm menghasilkan tegangan 14,36 V.

5. Simpulan

- Prototipe kincir angin sumbu vertikal (VAWT) model Lenz2 ini dirancang bangun dengan menggunakan tiga buah *blade* dan PMG 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.
- Pengujian dengan pengukuran tegangan generator tanpa beban pada kecepatan putaran rotor generator 224 rpm sampai dengan 502 rpm menghasilkan tegangan keluaran sebesar 6,41 V sampai dengan 14,90 V.
- Dari pengukuran putaran rotor generator setelah dipasang baterai 12 V 32 Ah dapat diketahui bahwa pada generator mulai dapat mengisi baterai pada putaran rotor generator 362 rpm dengan tegangan keluaran 12,07 V sampai dengan 471 rpm dengan tegangan keluaran sebesar 14,36 V.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Culp, Archie W., 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: *Principles of Energy Conversion*. 1979. McGraw-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: Departemen 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://www.thebackshed.com/Windmill/articles/Lenz23.asp>
- [16]. <http://www.scoraigwind.com/pmgbooklet/Itpmg.pdf>