

Rancang Bangun Cascade Generator untuk Meningkatkan Torsi Awal pada Kincir Angin secara Elektris

Erik Tridianto¹, Fifi Hesty Sholihah²
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya¹²
erik@pens.ac.id, fifi@pens.ac.id

Abstrak

Permasalahan dalam pengembangan kincir angin adalah torsi awal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kincir. Banyak penelitian untuk mengatasi hal tersebut, diantaranya dengan memanipulasi secara mekanik baik berupa bentuk blade, tipe kincir, dan control pada sudut serangnya. Sedangkan dari sisi elektrik untuk meningkatkan torsi awal dengan cara melepas beban. Peningkatan torsi awal secara elektris pada kincir angin dapat dilakukan dengan cara mengatur eksitasi alternator. Pada penelitian ini pengaturan eksitasi pada alternator dilakukan dengan cara menambahkan generator dc (cascaded generator) sebagai input pada eksitasi alternator.

Kata Kunci: Turbin angin, cascaded generator, torsi awal

1. Pendahuluan

Penggunaan energi di Indonesia secara umum meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan perekonomian maupun perkembangan teknologi. Dari data pemakaian energi di Indonesia saat ini lebih dari 90% penduduk Indonesia masih menggunakan energi yang berbasis fosil, yaitu minyak bumi 54.4%, gas 26.5% dan batu bara 14.1%. Untuk energi dengan panas bumi 1.4%, PLTA 3.4% sedangkan energi baru dan terbarukan (EBT) lainnya 0.2%, diantaranya energi angin yang keberadaannya tersebar diseluruh wilayah Indonesia (Kementerian Energi Sumber Daya Mineral). Kebutuhan listrik di Indonesia diproyeksikan akan meningkat dari 14.275 milyar watt pada tahun 2002 melonjak menjadi 26.018 milyar watt pada tahun 2025 dan untuk mendapatkan energi listrik tersebut sebagian besar diperoleh dari batu bara yaitu hampir 40% diikuti oleh gas.

Energi angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi menggunakan turbin angin. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat dimanfaatkan secara langsung atau dikonversi menjadi energi listrik. Prinsip konversi energi angin menjadi energi listrik adalah sebagai berikut: Angin yang melalui sudu-sudu kincir menyebabkan kincir berputar, putaran kincir menyebabkan generator ikut berputar sehingga menjadi energi listrik. Aplikasi energi angin pada penelitian ini dimanfaatkan secara mekanik langsung dikonversi menjadi energi listrik skala kecil.

Salah satu permasalahan dalam pengembangan kincir angin adalah torsi awal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kincir. Banyak penelitian untuk mengatasi hal tersebut, diantaranya dengan

memanipulasi secara mekanik baik berupa bentuk blade, tipe kincir, dan control pada sudut serangnya. Sedangkan dari sisi elektrik untuk meningkatkan torsi awal dengan cara melepas beban.

Pada paper ini kami tawarkan metode baru untuk meningkatkan torsi awal pada turbin angin secara elektris dengan menggunakan cascade generator.

2. Tinjauan Pustaka

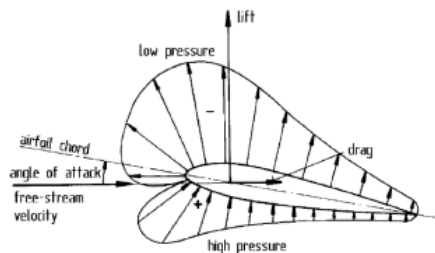
Prinsip dasar turbin angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desain batang kincir (blade). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin. Ada dua gaya yang bekerja pada batang kincir yaitu gaya lift dan drag, pada model kincir diatas maka batang kincir bergerak/terangkat karena gaya lift. Dengan menghubungkan poros/shaft rotor ke generator maka akan didapatkan energi listrik yang dapat disimpan dalam accu atau langsung digunakan untuk memenuhi beban alat listrik rumah tangga. Jika energi mekanik digunakan langsung secara permesinan seperti pompa atau grinding stones, maka mesin (turbin) disebut windmill. Jika energi mekanik dikonversikan menjadi energi listrik, maka mesin (turbin) disebut turbin angin atau wind energy converter (WEC).

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Walaupun sampai saat ini aplikasi turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional seperti Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Uap

(PLTU), dan lain-lain, turbin angin masih terus dikembangkan oleh para peneliti terkait isu mengenai krisis listrik.

2.1 Jenis Turbin Angin

Terdapat dua jenis turbin angin jika dilihat dari arah sumbu rotor yaitu turbin angin sumbu horisontal dan vertikal. Turbin angin sumbu horisontal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya paralel terhadap permukaan tanah. Rotor turbin angin sumbu horisontal mengalami gaya lift dan gaya drag, namun gaya lift jauh lebih besar dari gaya drag sehingga rotor turbin ini lebih dikenal dengan rotor turbin tipe lift, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Rotor Turbin Angin Horisontal (HyperPhysics, 2015)

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Jika dilihat dari efisiensi turbin, turbin angin sumbu horisontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibanding dengan turbin angin sumbu vertikal.

2.2 Generator Sinkron

Generator arus bolak-balik (AC) atau disebut dengan alternator adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator).

Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang akan disuplai oleh arus searah sehingga menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu. Kemudian penggerak mula (Prime mover) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya sesuai dengan persamaan :

$$n = \frac{120f}{P}$$

Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor akan menginduksikan tegangan tiga fasa pada

kumparan jangkar sehingga akan menimbulkan medan putar pada stator. Perputaran tersebut menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut.

GGL induksi (E_a) pada alternator akan terinduksi pada kumparan jangkar alternator bila rotor diputar di sekitar rotor. Besarnya kuat medan pada rotor dapat diatur dengan cara mengatur arus medan (I_f) yang diberikan pada rotor. Besarnya ggl induksi (E_a) rata-rata yang dihasilkan kumparan jangkar alternator ini dapat dilihat dalam persamaan sebagai berikut :

$$E = 4.44 \times f \phi T$$

Jika $f = \frac{np}{120}$, maka : $E = 4.44 \times \frac{np}{120} \phi T$

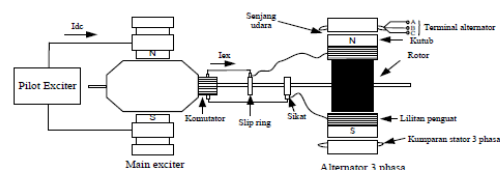
$$E = \frac{44.4 np \phi T}{120}$$

Bila $C = \frac{44.4 p T}{120}$, maka $E = C n \phi$

2.3 Sistem Eksitasi Dinamik pada Generator Sinkron

Eksitasi atau bisa disebut sistem penguatan adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat (I_f) kepada kumparan medan generator arus bolak-balik (alternating current) yang dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan bantuan arus searah. Arus eksitasi adalah pemberian arus listrik pada kutub magnetik. Dengan mengatur besar kecilnya arus listrik tersebut kita dapat mengatur besar tegangan output generator atau dapat juga mengatur besar daya reaktif yang diinginkan pada generator yang sedang paralel dengan sistem jaringan besar (infinite bus).

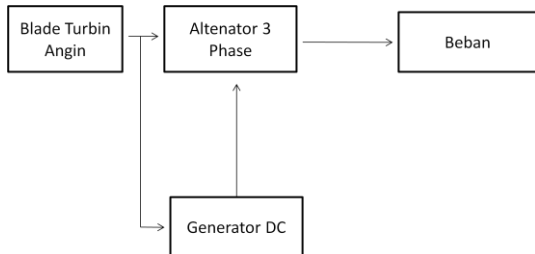
Sistem eksitasi dinamik adalah sistem eksitasi generator tersebut disuplai dari eksiter yang merupakan mesin bergerak. Sebagai eksiternya menggunakan generator DC atau dapat juga menggunakan generator AC yang kemudian disearahkan menggunakan rectifier. Slip ring digunakan untuk menyalurkan arus dari generator penguat pertama ke medan penguat generator penguat kedua



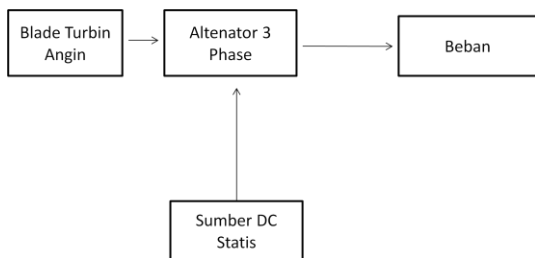
Gambar 2. Sistem Eksitasi Dinamik (J. Machowski, 1998)

3. Desain Sistem

Pada desain ini memiliki perbedaan dengan turbin angin pada umumnya, yaitu menggunakan generator DC untuk menyuplai arus eksitasi pada generator utama. Umumnya arus eksitasi menggunakan daya yang dihasilkan oleh turbin angin dan ada juga yang menggunakan sumber DC statis (*accumulator*).



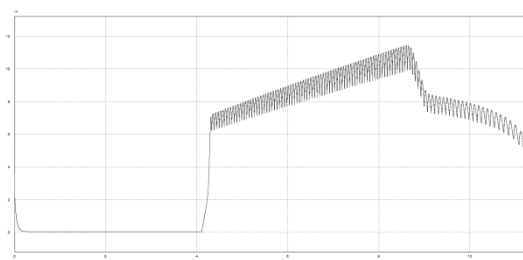
Gambar 3. Blok Diagram Cascade Generator



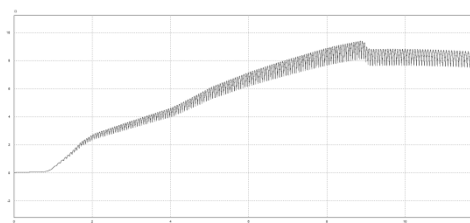
Gambar 4. Blok Diagram Tanpa Menggunakan Cascade Generator (Sumber DC Statis)

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pemodelan pada software simulasi, maka didapatkan hasil berikut ini :



Gambar 5. Arus Beban dengan Menggunakan Eksitasi Konstan pada Turbin Angin



Gambar 6. Arus Beban dengan Menggunakan Cascade Generation pada Turbin Angin

Gambar di atas merupakan perbandingan arus pada beban turbin angin saat tanpa cascade

generator dengan menggunakan cascade generator.

Dapat dilihat dari perbandingan tersebut dengan menggunakan cascade generator, torsi awal dari turbin angin meningkat dengan ditandai pada saat kecepatan angin lebih rendah yaitu 4 m/s, (pada waktu awal) turbin dengan cascade generator sudah mulai aktif dan dapat menghasilkan daya, sedangkan dengan menggunakan eksitasi konstan turbin menghasilkan daya saat kecepatan angin 10 m/s. Skema untuk angin yang digunakan pada simulasi :

Tabel 1: Skema kecepatan angin pada simulasi

No	Waktu	Kecepatan Angin m/s
1	0	0
2	2	4
3	4	4
4	5	10
5	6	10
6	8	8
7	9	2
8	12	2

5. Kesimpulan

Cascade generator berhasil meningkatkan torsi awal dari turbin angin. Dimana turbin angin berhasil aktif dan menghasilkan daya pada kecepatan angin 4 m/s sedangkan turbin angin dengan kecepatan eksitasi konstan baru aktif saat kecepatan angin 10 m/s.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kami haturkan untuk UP3M PENS atas support dana penelitian yang telah diberikan pada tim kami.

Daftar Pustaka

- Andrew Tendai Zhuga, Benson Munyaradzi. *Design of Alternative Energy Systems: A Self-Starting Vertical Axis Wind Turbine for Stand-Alone Application*. School of Engineering Sciences and Technology; Chinhoyi University of Technology.
- Burcin Deda Altan. (2008). *An Experimental Study on Improvement of a Savonius Rotor Performance with Curtaining*. *Experimental Thermal and Fluid Science* 32 : p. 1673-1678.
- J. Machowski, J.W. Bialek, S.Robak, J.R. Bumby. (1998). *Excitation control system for use with synchronous generators*. *IEEE Proc.- Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 145, No. 5.
- M. Miskovic, M. Mirosevic, M. Milkovic. (2009). *Analysis of Synchronous Generator Angular Stability depending on the Choise of*

the Excitation System. Energija, vol. 58,
No.4, pp. 430-445, INSPEC.
HyperPhysics, [Online], diakses di
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/> [2
Oktober 2015]