

Sistem Cascade Generator untuk Meningkatkan Daya Listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Praptadi Saiputra¹, Erik Tridianto²

Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya¹
praptadisaiputra@gmail.com

Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya²

Abstrak

Banyak masalah yang dialami dalam pengembangan pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik. Salah satunya adalah torsi awal yang diperlukan untuk menggerakkan blade pada turbin angin. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa cara untuk mengatasi masalah ini. Hal ini dapat diselesaikan dengan memanipulasi secara mekanik memanipulasi secara listrik. Dalam penelitian ini, eksitasi untuk pengaturan alternator dilakukan dengan menggunakan generator dc (*direct current generator*) sebagai sumber eksitasi alternator.

Kata Kunci: turbin angin, *cascaded generator*, torsi awal, sistem eksitasi

1. Pendahuluan

Konsumsi energi di Indonesia umumnya meningkat dengan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi. Dari data konsumsi energi di Indonesia saat ini lebih dari 90% menggunakan energi fosil, yaitu 54,4% dari minyak bumi, 26,5% gas dan 14,1% dari batubara. Sisanya adalah 1,4% panas bumi, energi air 3,4% dan energi terbarukan 0,2%. Indonesia memiliki potensi dengan nilai tinggi untuk energi terbarukan. Dari beberapa energi terbarukan, energi angin adalah energi yang paling mudah dicari. Diperkirakan bahwa Indonesia memiliki 9,29 GW potensi energi. Sayangnya hingga 2015, hanya 0,0005 GW energi listrik telah dimanfaatkan dari energi angin.

Energi angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi menggunakan turbin angin. energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin dapat digunakan secara langsung atau diubah menjadi energi listrik. Prinsip konversi energi dari energi angin menjadi energi listrik adalah sebagai berikut: Turbin angin mengubah energi potensial dari angin menjadi energi mekanik yang ditunjukkan oleh rotasi dari *blade* turbin. Turbin angin dipasang satu poros dengan generator, menyebabkan generator berputar dan menghasilkan listrik. Aplikasi energi angin dalam penelitian ini digunakan secara mekanis langsung diubah menjadi energi listrik dalam skala kecil.

Salah satu masalah dalam pengembangan kincir angin adalah torsi awal yang diperlukan untuk menggerakkan pisau turbin. Banyak penelitian untuk mengatasi masalah ini, memanipulasi secara mekanik bisa dilakukan

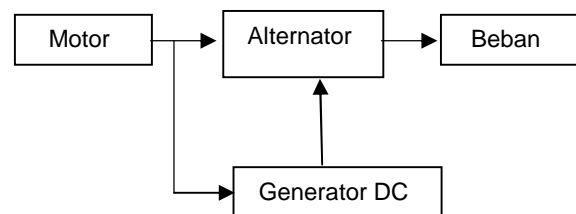
dengan mengubah berbagai bentuk *blade*, jenis turbin, dan variasi sudut serang. Sedangkan untuk manipulasi listrik untuk meningkatkan torsi mulai bisa dengan mencabut beban.

Dalam makalah ini kami menawarkan metode baru untuk meningkatkan torsi mulai di turbin angin dengan manipulasi listrik menggunakan *cascade generator*.

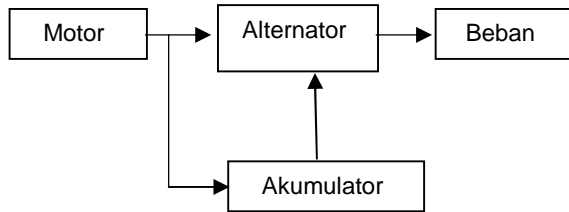
2. Metode

Desain pada paper ini memiliki perbedaan dengan turbin angin pada umumnya, menggunakan generator DC sebagai sumber eksitasi untuk generator utama. Umumnya eksitasi penggunaan saat listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dan ada juga sumber DC statis (akumulator).

2.1 Metode Pengumpulan Data



Gambar1. Diagram Blok Sistem Cascade Generator



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Non-Cascade Generator

2.2 Metode Analisis Data

Metode Analisis yang digunakan bersifat kuantitatif, karena analisa yang digunakan berdasarkan nilai-nilai yang didapatkan dari hasil pengujian.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 sampai 3 menggunakan sistem *cascade generator* sedangkan untuk tabel 4 sampai dengan tabel 6 menggunakan aki sebagai sumber eksitasi (*non-cascade generator*) dengan beban yang sama seperti yang digunakan oleh sistem *cascade generator*.

Tabel 1. Cascade generator dengan beban 90 ohm

Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	3,5	0,5	1,75
171,5	4,9	0,6	2,94
257,25	8,8	1,5	13,2
343	11,7	2,4	28,08
428,75	15,8	3	47,4
514,5	20,5	3,2	65,6
600,25	28,9	3,3	95,37
686	41,2	3,6	148,32

Tabel 2. Cascade Generator dengan beban 95 ohm

Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	3,3	0,45	1,485
171,5	4,6	0,52	2,392
257,25	8,3	1,3	10,79
343	11,05	2,2	24,31
428,75	15,4	2,85	43,89
514,5	20,2	3,15	63,63
600,25	28,5	3,2	91,2

686	41	3,48	142,68
-----	----	------	--------

Tabel 3. Cascade Generator dengan beban 100 ohm

Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	3,2	0,43	1,376
171,5	4,45	0,5	2,225
257,25	8,15	1,25	10,187
343	10,78	2,15	23,177
428,75	15,1	2,8	42,28
514,5	18,95	3,1	58,745
600,25	27,9	3,2	89,28
686	40,65	3,37	136,99

Tabel 4. Non-cascade generator dengan beban 90 ohm

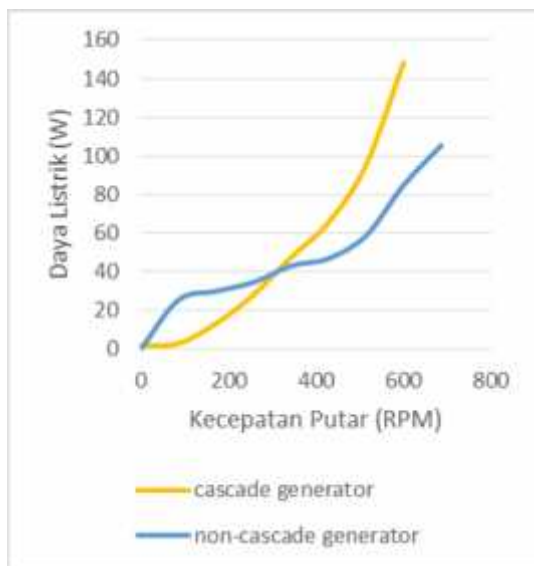
Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	12,7	2	25,4
171,5	13	2,3	29,9
257,25	13,3	2,6	34,58
343	13,88	3,1	43,028
428,75	14,2	3,3	46,86
514,5	16,78	3,5	58,73
600,25	20,2	4,2	84,84
686	24,5	4,3	105,35

Tabel 5. Non-cascade generator dengan beban 95 ohm

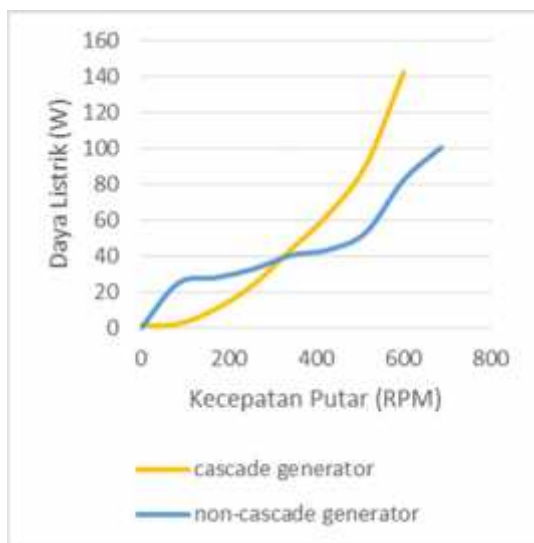
Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	12,6	2	25,2
171,5	12,8	2,2	28,16
257,25	13,2	2,5	33
343	13,54	3	40,62
428,75	14,1	3,1	43,71
514,5	16,7	3,2	53,44
600,25	20,16	4,1	82,656
686	24	4,2	100,8

Tabel 6. Non- cascade generator dengan beban 100 ohm

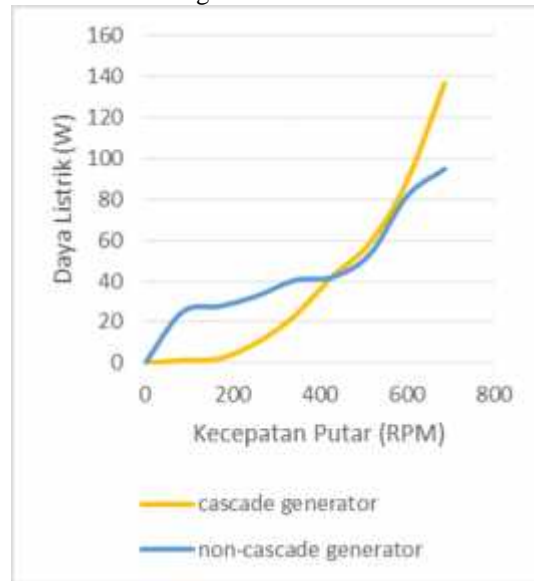
Kecepatan (RPM)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Keluaran Alternator (I)	Daya Listrik (W)
0	0	0	0
85,75	12,5	2	25
171,5	12,75	2,18	27,795
257,25	13,15	2,5	32,875
343	13,5	3	40,5
428,75	13,8	3,05	42,09
514,5	16,6	3,2	53,12
600,25	20,1	4,07	81,807
686	23	4,13	94,99



Gambar 3. Nilai Daya Listrik dari sistem Cascade Generator dan Non-Cascade Generator dengan beban 90 ohm



Gambar 5. Nilai Daya Listrik dari sistem Cascade Generator dan Non-Cascade Generator dengan beban 95 ohm



Gambar 6. Nilai Daya Listrik dari sistem Cascade Generator dan Non-Cascade Generator dengan beban 100 ohm

Simulasi dilakukan dengan 3 variasi beban. Pada masing masing bebannya dilakukan dengan 9 variasi kecepatan.

Berdasarkan gambar 3 sampai gambar 6 dapat menunjukkan bahwa dengan menggunakan sistem *cascade generator* dapat menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi pada beban yang sama daripada menggunakan aki sebagai sumber eksitasi. Hal ini dikarenakan torsi dan kecepatan putar (rpm) mempunyai nilai yang berkebalikan, dapat dikatakan bahwa nilai torsi yang dihasilkan dengan menggunakan sistem *cascade generator* bernilai lebih rendah dibanding sistem *no.n-cascade generator*. Meskipun memiliki nilai torsi yang rendah, sistem *cascade generator* mampu menghasilkan daya listrik yang lebih baik daripada sistem *non-cascade generator*. Hal tersebut diakibatkan dari arus eksitasi yang didapatkan. Dalam *cascade generator*, nilai eksitasi tergantung pada nilai arus keluaran generator DC. Pada kecepatan rendah, tentu saja, generator DC akan menghasilkan nilai arus keluaran yang rendah. Sehingga arus medan yang dihasilkan dan daya output akan menjadi nilai yang rendah. Hal ini berbanding lurus jika pada kecepatan tinggi, generator DC akan menghasilkan nilai arus keluaran lebih tinggi yang selanjutnya akan membangkitkan listrik lebih besar dikarenakan arus medan yang tercipta di dalam alternator bernilai tinggi. Sementara di generator non-cascade, nilai saat eksitasi diperoleh dari akumulator yang memiliki nilai besar dan relatif konstan. pada kecepatan

rendah, arus medan yang tercipta sudah tinggi. Hal ini akan mengakibatkan rotasi rotor menjadi lebih berat untuk dapat melewati jaring-jaring medan magnet. Sedangkan nilai arus eksitasi konstan akan membuat alternator memerlukan rotasi yang lebih tinggi untuk mencapai tegangan nominalnya. Motor dapat berputar pada saat dengan kecepatan rendah dikarenakan spesifikasi motor listrik yang digunakan memiliki daya yang lebih besar daripada spesifikasi dari alternator.

4. Kesimpulan

Sistem *cascade generator* menghasilkan torsi rendah untuk membantu alternator mencapai tegangan nominalnya. Semakin cepat alternator mencapai tegangan nominalnya, tenaga yang dihasilkan akan lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan pengerjaan penelitian ini. Kepada Bapak Setyo Nugroho, S.T, M.T selaku kepala Laboratorium Sistem Fluida yang telah memberikan tempat kepada kami dalam melakukan pengambilan data dan Bapak Ir. Joke Prastilastiarso selaku Kepala Prodi Sistem Pembangkit Energi PENS yang selalu memberikan dukungan dan arahan kepada kami.

Daftar Pustaka

- [1] E. Tridianto, F.H. Sholihah (2015). "Rancang Bangun *Cascade Generator* Untuk Meningkatkan Torsi Awal Pada Kincir Angin Secara Elektris". ReTII, Vol.10,No.13.
- [2] J. Machowski, J.W. Bialak, S. Robak, J.R. Bumby. (1998). Excitation control system for use with synchronous generator. IEEE Prod-gener.Trans.Distrib., Vol.145, No.5.
- [3] P.C. SEN " Principles of Electric Machines and Power Electronics" second edition
- [4] S. Jeongwon, H. Seungwoo, S. Myuongho "Alternator Torque Model Based on Equivalent Circuit of Synchronous Generator for Electric Power Management" IEEE Transactions on Vehicular technologies Vol.62, NO.8, October 2013