

ANALISA GENERATOR 3 PHASA TIPE MAGNET PERMANEN DENGAN PENGGERAK MULA TURBIN ANGIN PROPELLER 3 BLADE UNTUK PLTB

Kusuma A.¹⁾, Supriyo²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Semarang

²⁾Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Kotak Pos 6199 SMS, Semarang 50329

1. Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax.7472396

Abstrak

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator 3 phasa magnet permanen yang digunakan dalam penelitian memiliki teknologi cogging-less. Generator tipe ini dirancang untuk PLTB dimana angin didaerah tersebut memang dalam kategori sedang tapi kontinyu. Pengujian generator 3 phasa dengan variasi beban 3 kecepatan angin yaitu kecepatan 3 m/s sampai dengan 5 m/s. Hasil pengujian berupa grafik dan tabel data perhitungan. Efisiensi tertinggi 24,12 % pada daya 36,516 Watt dan efisiensi terendah 15,24 % pada daya 54,708 Watt.

Kata kunci : Genertor 3 phasa, Efisiensi

1. Pendahuluan

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah Energi Mekanik menjadi Energi Listrik. Energi Mekanik tersebut dapat berupa turbin angin, turbin air dan turbin uap. Dari turbin tersebut, dapat memutarakan poros generator dimana yang bisa menghasilkan energi listrik dari kumparan yang ada di dalam generator itu sendiri.

Pada awalnya generator masih menggunakan prinsip listrik elektrostatis, dimana prinsipnya masih mengacu pada hasil tegangan yang tinggi dan arus yang rendah ketika di putar. Pengoprasiannya masih menggunakan sabuk, lempengan dan disk. Contoh generator tersebut adalah Mesin Wimshurt dan generator Van de Graaff.

Dengan perkembangan jaman yang semakin maju pada saat ini, telah ditemukan generator baru dengan type “3 phase permanent magnet with Cogging-less Tecnology” oleh saudara Ricky Elson, salah satu anak bangsa yang mendedikasikan dirinya untuk perkembangan kincir angin di Indonesia sendiri. Generator tersebut telah disempurnakan dengan meminimalisasi hentakan arus berlawanan yg terjadi pada rotor generator saat berputar, sehingga

dengan kecepatan angin yang rendahpun sudah dapat memutar generator ini.

Generator Sinkron

Generator sinkron disebut juga sebagai alternator, dan umumnya merupakan mesin listrik 3 fasa. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron 3 fasa atau generator sinkron 1 fasa tergantung kadar kebutuhannya. Pada dasarnya kontruksi dari generator sinkron adalah sama dengan kontruksi motor sinkron yaitu terdiri dari strator dan rotor.

Kontruksi

Mesin sinkron terdiri atas stator dan rotor. Adapun bentuk kumparan statornya sama dengan kumparan stator pada mesin induksi, begitu pula banyaknya lapisan kumparan di dalam jalur atau alur rangka statornya (*single layer* dan *double layer*), serta hubungan kumparan 3 fasanya (bintang atau segitiga), namun macamnya kumparan medannya pada rotor berdasarkan bentuknya berbeda, pada mesin sinkron ada dua macam, yaitu : berbentuk kutub sepatu (*salient*) dan berbentuk celah udara sama

rata (silinder atau kadang disebut sebagai non-salient). (Mochtar Wijaya, 2001)

Mengukur Parameter

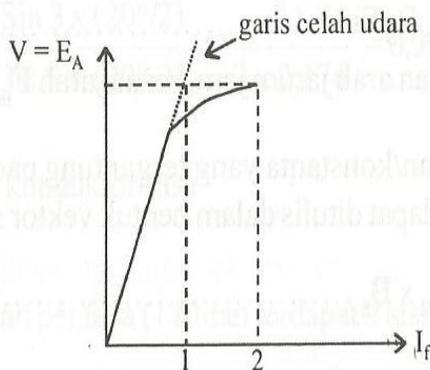
Mengukur parameter generator pada dasarnya bertujuan untuk menggambarkan rangkaian ekivalen generator tersebut beserta karakteristiknya.

Adapun hal-hal yang dapat diketahui dari pengukuran parameter-parameter tersebut adalah:

- a. Hubungan antara arus medan dan fluks.
- b. Reaktansi jangkar.

Karakteristik Tanpa Beban

Grafik karakteristik beban nol dtunjukkan pada gambar 1. Untuk mengetahui karakteristik tanpa beban pertama mengatur pada kecepatan nominal, dimana terminalnya tidak dibebani serta mengatur arus medan juga nol.



Gambar 1. Karakteristik beban nol.

Akan terlihat arus medan meningkat secara bertahap, pada saat yang bersamaan timbul tegangan induksi pada kumparan jangkar stator generator yang juga semakin meningkat sesuai dengan persamaan :

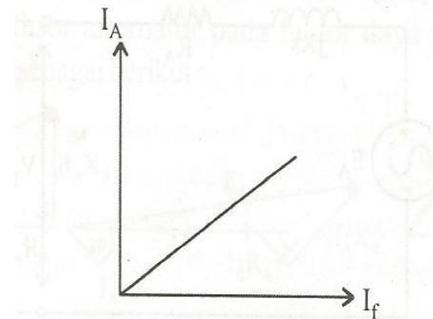
$$E_A = k \cdot \Phi \cdot \omega$$

Peningkatan arus medan (I_f) sebanding dengan fluksi (Φ) yang timbul. Perubahan arus medan dan tegangan induksi tersebut dicatat bersamaan untuk melihat hubungan antara keduanya. (Mochtar Wijaya, 2001)

Pada saat tidak dibebani arus jangkar (I_A) sama dengan nol, sehingga tegangan terminalnya (V) sama dengan GGL (E_A).

Karakteristik Hubung Singkat

Prosedur percobaan ini adalah dengan mengatur generator pada kecepatan nominal, dimana terminalnya dihubung-singkat melalui amperemeter serta mengatur arus medan hingga nol. Setelah ini akan terlihat arus medan meningkat secara bertahap, begitu pula dengan arus jangkarnya. Besarnya arus medan (I_f) dan arus jangkar (I_A) diukur bersamaan dan hasilnya dapat digambar pada grafik gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik hubung-singkat.

Efisiensi

Dalam mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik, alternator mengalami kehilangan daya (losses). Hal ini dijelaskan pada diagram aliran daya gambar 3.

Seperti halnya dengan mesin-mesin listrik lainnya, maupun transformator, maka efisiensi alternator dapat dituliskan sebagai :

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

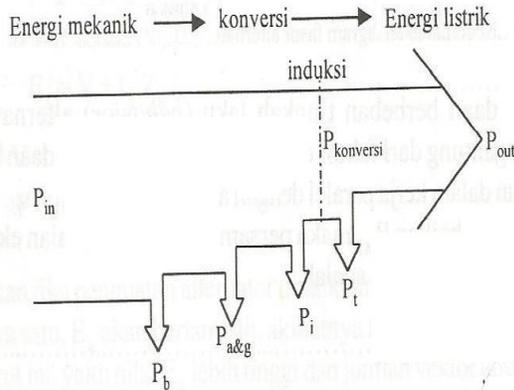
P_{out} = dayakeluaran ; P_{in} = dayamasukan

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma P_{rugi}$$

Rugi-rugipada generator dibagi menjadi 5 macam :

- a. Rugi-rugi angin dan gesekan ($P_{a\&g}$)
- b. Rugi-rugi inti besi (P_i)

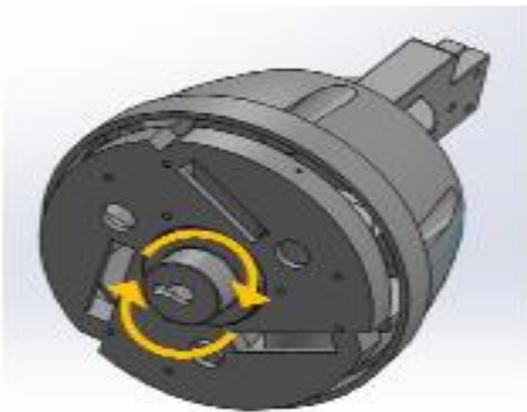
- c. Rugi-rugi tembaga medan penguat (P_i)
- d. Rugi-rugi lainnya (P_b)



Gambar 3. Diagram aliran daya alternator.

Generator 3 Phasa Magnet Permanen

Gambar 4. Menunjukkan Generator 3 phasa magnet permanen yang digunakan dalam penelitian, yang memiliki teknologi *cogging-less*. *Cogging* merupakan hentakan (torsi yang berlawanan arah putar generator) saat memutar rotor yang mengakibatkan rotor sulit diputar dengan tangan dan dapat mengurangi efisiensi generator, menimbulkan getaran dan bunyi yang mengganggu.



Gambar 4. Generator 3 phasa magnet permanen.

Seandainya kecepatannya rendah maka generator sulit untuk berputar. *Cogging*

terjadi karena adanya permeabilitas antara magnet dengan komponen non-magnet. Dengan adanya teknologi ini generator dapat berputar tanpa hambatan dan dapat berputar dengan kecepatan rendah sekalipun.

Generator tipe ini dirancang untuk PLTB dimana yang angin didaerah tersebut memang dalam kategori sedang tapi kontinyu. Sehingga penggunaan generator yang memiliki teknologi tersebut memang direkomendasikan agar energi angin bisa terserap secara maksimal.

Teknologi *cogging-less* sendiri baru diperkenalkan oleh Reicky Elson yang bekerja sama dengan NIDEC Corp Japan dibidang generator. Jadi teknologi ini sendiri baru terdapat pada generator The Sky Dancer yaitu PLTB buatan Reicky Elson.

Penggerak Mula

Turbin Angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angin (P_{wind}) ini sendiri merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara (ρ) dengan luas penampang cakupan dari turbin angin (A) dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya (V^3). Jadi, sedikit saja selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang di hasilkan dapat berkali lipat besarnya karena besarnya daya angin sebanding dengan kecepatan angin.

Turbin angin sendiri tidak bisa menyerap energi angin secara penuh dan memiliki daya serap sesuai tipe yang digunakan. Daya serap ini di sebut *Coefisien Power* (C_p). *Coefisien Power* maksimal yang bisa dicapai turbin angin adalah 59,3%. Angka 16/27 (59,3%) ini disebut *Betz limit*, diambil dari ilmuan jeman bernama *Albert Betz* pada tahun 1920.

TSR (Tip Speed Ratio) adalah perbandingan kecepatan angin pada ujung blade dengan angin, maka semakin besar *TSR*-nya maka semakin besar putarannya..

Setiap sistem pasti memiliki suatu tingkat efisiensi kerja karena hampir tidak ada

sistem yang mampu bekerja sempurna, seperti halnya turbin angin ini.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan energi mekanik dari hasil turbin ini maka perlu diperhitungkan juga nilai efisiensi ini sudah ditentukan dari awal mula sistem (turbin angin) ini didesain. Energi mekanik dari turbin ini berupa kecepatan putaran bilah turbin (ω) dan torsi, T , (besar gaya yang diberikan pada suatu panjang lengan beban / blade).

Adapun beberapa tipe turbin angin yang ada di dunia berdasarkan tingkat efisiensinya antara lain :

- 1) Tipe holland (Belanda)
- 2) Tipe savonius
- 3) Tipe darius
- 4) Tipe linear
- 5) Tipe 2 blade propeller
- 6) Tipe 3 blade propeller
- 7) Tipe multi blade

Semakin tinggi efisiensi suatu turbin, semakin maksimal pula turbin tersebut mengkonversi energi yang di dapatnya, tipe turbin yang memiliki tingkat efisiensi paling tinggi adalah tipe 3 blade propeller dan tipe savonius dan holland efisiensinya yang terendah. Tipe 2 dan 3 propeller saat ini banyak dijumpai pada produk-produk komersil.

Pemanfaatan turbin angin terbagi ke dalam beberapa skala, yaitu skala besar, menengah, kecil, dan mikro. Semakin besar skalanya, maka semakin besar pula kapasitas yang mampu dihasilkan suatu turbin angin.

2. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian Generator AC 3 fasa sebagai berikut :

- a. Seperangkat Turbin angin Sky Dancer (Gambar 5)
- b. Blower.
- c. Anemometer.
- d. Voltmeter.

- e. Amperemeter.
- f. Obeng.
- g. Multimeter.
- h.



Gambar 5. Turbin Angin 3 Blade Propeller

Dalam pengujian Generator AC 3 fasa dilakukan dengan langkah-langkah dibawah ini :

- a. Menyiapkan alat dan bahan digunakan untuk pengujian.
- b. Mengecek alat-alat sebelum digunakan.
- c. Merangkai rangkaian listrik pada turbin angin meliputi pemasangan alat ukur tegangan dan arus pada output generator.
- d. Menentukan kecepatan angin terlebih dahulu (3 m/s s/d 5 m/s) dengan mengatur jarak antara blower dengan turbin.
- e. Menyalakan blower dengan kecepatan yang ditentukan.
- f. Membaca alat ukur yang di pasang pada generator.
- g. Mengulangi langkah tersebut dari kecepatan angin 3 m/s sampai 5 m/s.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menentukan kecepatan angin terlebih dahulu yaitu 3 m/s sampai dengan 5 m/s dengan mengatur jarak antara blower dengan turbin. Hasil pengujian seperti terlihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1, dapat dihitung daya mekanik (P_{mek}), daya listrik ($P_{Fase\ Total}$), dan efisiensinya η_{gen} dapat dihitung dengan ketentuan diketahui :

$$\begin{aligned} \rho &= 1,176 \text{ kg/m}^3, \text{ suhu } 30^\circ \text{C} \\ v &= 8 \text{ m/s} \\ r &= 0,8 \text{ m} \\ C_p &= 59,3\% \\ V_{Fase} &= 44,9 \text{ volt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dinyatakan dalam Tabel 2.

Tabel 3.1 Data hasil pengujian

NO.	Kec. Angin (m/s)	Tegangan (volt)	Putaran (RPM)	Beban (Ω)
1.	3	44,9	321,8	110
2.	4	50,3	337,8	110
3.	5	59,2	438,8	110

Tabel 2. Data hasil perhitungan

No.	Kec. Angin (m/s)	Tegangan Line (Volt)	Putaran (rpm)	Beban (Ohm)	Arus (A)	Daya Listrik (Watt)	Daya Mekanik (Watt)	Efisiensi (%)
1.	3	44,9	321,8	110	0,408	31,78	189,19	16,80
2.	4	50,3	337,8	110	0,457	39,89	378	10,55
3.	5	59,2	438,8	110	0,538	55,25	128	43,16

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Efisiensi generator tertinggi pada pengujian adalah 43,3 % pada saat daya listriknya 31,78 watt, sedangkan efisiensi terendah yaitu 8,88 % pada daya listrik 55,25 watt.
- Dari pengujian efisiensi terhadap kecepatan angin didapatkan data pada kecepatan angin 3 m/s efisiensi generator mencapai 8,88 % dan pada

kecepatan angin 5 m/s didapatkan efisiensi 43,3 %.

- Perubahan tegangan generator 3 fasa sangat tergantung dari putaran generator tersebut, sebab sistem kemagnetannya bersifat permanen.

DAFTAR PUSTAKA

Anonom Generator Listrik.

http://id.m.wikipedia.org/wiki/generator_listrik (10 Juni 2014)

- Anonim Generator Sinkron.
[http://insyaansori.blogspot.com/2014/02/generator-sinkron.htm?m=1\(20agustus2014\)](http://insyaansori.blogspot.com/2014/02/generator-sinkron.htm?m=1(20agustus2014))
- Hau, Erich. 2006. *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Germany: Springer –Verlag Berlin Helderberg.
- Lentera Angin Nusantara, (2014), *Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin*.
- Pudjanarsa, Astu, Ir, MT. dan Djati Nursuhud, Prof. Ir. MSME. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: CV. Andi.
- Wijaya, Mochtar , (2001), *Dasar-Dasar Mesin Listrik* , Jambatan, Jakarta