

Aspek Perancangan Generator Magnet Permanen Fluks Aksial 1 Fasa Untuk Mengakomodir Kecepatan Putar 500-600 RPM

Azmi Alfarisi, Indra Yasri

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Email: alfarisiazmi@gmail.com

ABSTRAK

A permanent magnet generator is designed to accommodate wind speed of 7-12 m/s, which is equal to 500-600 RPM. It is considered as a low speed generator. This generator is dedicated for Wind Power Plant (PLTB) system. Parameters which influence the permanent magnet generator performance are described. Finally some strategies to achieve optimized value for those parameters will be elaborated from software magnet design perspective.

Keyword : Permanent magnet generator, low speed, PLTB

1. PENDAHULUAN

Krisis energi dan masalah lingkungan membuat manusia mencari alternatif bersifat terbarukan dan memberi dampak yang minimal terhadap lingkungan. Contoh lainnya krisis energi listrik, yang membuktikan bahwa suplai energi listrik tidak dapat mengimbangi tingginya laju permintaan. Oleh karena itu, kita harus memanfaatkan potensi alam yang dimiliki Indonesia dan harus disesuaikan dengan keadaan geografis negara Indonesia.

Salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Hal ini sangat memungkinkan karena energi angin adalah sumber yang tidak terbatas. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu merubah energi yang disebabkan dorongan angin yang memutar baling-baling sehingga generator menghasilkan listrik. Angin merupakan energi primer potensial untuk pusat PLTB, dengan jumlah yang cukup besar di beberapa daerah di Indonesia. Untuk di daerah Riau sendiri yang mempunyai kecepatan angin yang bervariasi dan dapat dikatakan rendah tentu menjadi suatu persoalan yang harus dipecahkan. Dengan pemanfaatan angin sebagai energi primer,

terjadi penghematan bahan bakar minyak. Meskipun PLTB menghasilkan energi tidak sebesar energi nuklir atau batu-bara, tetapi PLTB sangat ramah lingkungan dan dapat menjangkau setiap daerah terpencil sekalipun. Sangat diharapkan PLTB dapat dikembangkan sehingga meratanya pertumbuhan ekonomi daerah dan menjadi energi alternatif yang digunakan untuk masalah krisis energi. PLTB memiliki beberapa bagian yang sangat penting. Salah satunya adalah generator. Dalam teknologi turbin angin, generator yang cocok adalah generator magnet permanen.

Generator magnet permanen sangat efisien karena mampu bekerja baik pada kecepatan putar yang rendah. Kemudahan dalam pembuatan *scale up* generator magnet permanen sangat memudahkan dalam mendesain generator dengan kapasitas daya tertentu hanya dengan mengubah parameter seperti kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat (Hariyotejo P, 2009).

2. BAGIAN-BAGIAN GENERATOR

2.1 STATOR



(Sumber : Mohammad Fiky,2015)

Stator pada generator aksial fluks permanent magnet memiliki macam-macam bentuk. Diantaranya stator dengan ini besi dan tanpa inti besi. Untuk berbagai bentuk magnet dan ukuran cakram rotor, setiap bentuk kumparan stator dapat dimodifikasi berdasarkan parameter-parameter tertentu seperti jari-jari, kelengkungan (inklinasi) sisi aktif kumparan, panjang ujung sambungan, dan sebagainya.

2.1 ROTOR



Rotor pada generator aksial fluks magnet permanent berbentuk cakram/*disk* dan berfungsi sebagai rangkaian medan magnet utama dari mesin. Medan magnet utama yang dimiliki oleh rotor berasal dari *permanent magnet* yang diletakkan pada bagian cakram rotor. Rotor dapat dibuat dengan menggunakan bahan komposit

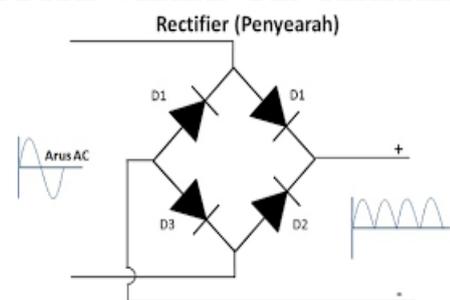
yang didalamnya diletakkan material besi sebagai tempat diletakkannya magnet permanen. Material besi ini juga dapat memperkuat medan magnet yang dimiliki oleh rotor. Dengan digunakannya magnet permanen, generator tipe ini tidak membutuhkan catu dari luar untuk dapat bekerja. Magnet permanen juga disebut sebagai *hard magnetic materials*, yang berarti material ferromagnetik dengan *loop* hysteresis yang lebar.

2.1.1 Magnet Permanen

Magnet permanen yang digunakan adalah *magnet neodymium-iron-boron (NdFeB) grade 35*, sehingga tidak membutuhkan arus eksitasi. Magnet jenis ini merupakan magnet paling kuat di antara jenis magnet lainnya. Untuk magnet *neodymium* sendiri juga dibagi berdasarkan *grade* atau kelasnya. *Grade 35* digunakan karena harga terjangkau dan juga mudah ditemukan, walaupun masih ada *grade* yang lebih tinggi yaitu *grade 52*.



2.2 RANGKAIAN PENYEARAH



(Sumber : Ratna Susana,2011)

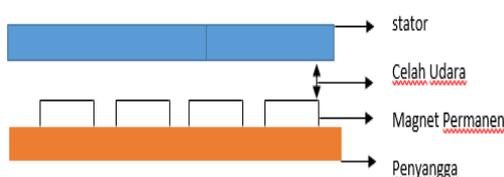
Tegangan keluaran dari generator yang dirancang adalah berupa tegangan bolak-balik atau AC, oleh karena itu agar energi listrik yang keluar dari generator dapat mengisi baterai, maka dibutuhkan rangkaian penyearah. Pada perancangan ini digunakan *bridge rectifier* yaitu penyearah gelombang penuh. Pada *bridge* ini digunakan filter kapasitor atau *elco* yang bertujuan untuk menghilangkan riak sehingga menghasilkan tegangan DC yang stabil. (Mohammad Fiky, 2015)

2.3 ACCUMULATOR



Generator yang dirancang termasuk kapasitas kecil, maka untuk pengisian dari generator ke baterai menggunakan kapasitas yang kecil yaitu 12 V 5 Ah. Dari spesifikasi tersebut diketahui bahwa dibutuhkan arus 5 A untuk mengisi baterai selama 1 jam. Tetapi dalam prakteknya sendiri, proses pengisian baterai dilakukan dengan arus yang besarnya sepersepuluh sampai seperduapuluh dari arus Ampere Hour-nya. Jika baterai dengan spesifikasi 5 Ah, maka besar pengisian yang baik adalah antara 0,5 dan 0,25. Hal ini dilakukan agar baterai tidak cepat panas dan baterai pun menjadi lebih awet.

2.4 CELAH UDARA (AIR GAP)

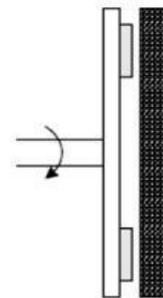


Pada generator aksial, celah udara merupakan komponen yang memegang peranan yang sangat penting karena melalui celah inilah tegangan dapat dihasilkan pada kumparan stator. Celah udara ini juga menjadi salah satu karakteristik khas dari setiap desain model yang dibuat. Kontruksi generator harus dibuat sedemikian rupa sehingga lebar celah udara tidak berubah saat generator berputar. Karena jika jarak ini berubah, maka karakteristik generator juga akan berubah. (Chun-Yu Hsiao, 2015)

3 TIPE-TIPE GENERATOR FLUKS AKSIAL

Apabila melihat dari jumlah stator dan rotor yang digunakan untuk meningkatkan daya keluaran pada generator, generator fluks aksial dapat dibedakan menjadi beberapa tipe diantaranya: generator fluks aksial rotor tunggal stator tunggal, generator fluks aksial rotor ganda dan stator tunggal (eksternal rotor), generator fluks aksial stator ganda dan rotor tunggal (internal rotor), dan generator fluks aksial rotor dan stator banyak.

3.1 ROTOR DAN STATOR TUNGGAL



Gambar 1. Rotor dan stator tunggal (Sumber : Ratna Susana,2011)

Generator dengan rotor dan stator tunggal terdiri dari sebuah stator dan

sebuah rotor. Rotornya terdiri dari sebuah piringan besi kuat yang tertanam magnet di dalamnya. Sedangkan statornya terdiri dari kumparan jenis cincin di epoxy seperti material dan lempeng besi. Generator ini biasa digunakan pada torsi kecil. Sehingga sangat efektif, bila digunakan pada generator angin dengan kapasitas penggerak yang kecil.

3.2 ROTOR GANDA STATOR TUNGGAL

Pada generator dengan tipe yang memiliki 2 rotor dan 1 stator ini juga dibedakan menjadi dua tipe berdasarkan arah fluksnya yaitu tipe N-N dan tipe N-S. Tidak hanya melihat dari pergerakan fluksnya, dapat melihat perbandingan pula dari ukuran diameter stator dari kedua tipe tersebut. Pada diameter tipe N-S lebih besar daripada tipe N-N, ini disebabkan lilitan pada tipe N-N lebih pendek daripada tipe N-S. Selain itu, tipe ini juga dibagi lagi dengan bentuk stator, yakni stator berinti seperti yang telah dijelaskan, dan stator tanpa inti. (Ratna Susana, 2011)

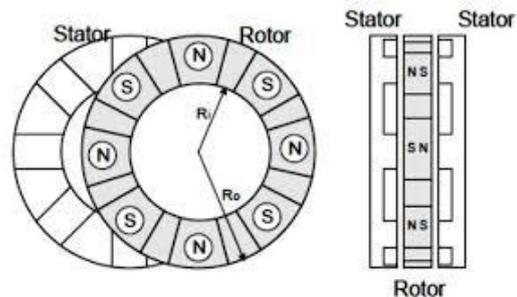


Gambar 2. Rotor ganda stator tunggal(Sumber : Ratna Susana,2011)

3.3 STATOR GANDA DAN ROTOR TUNGGAL

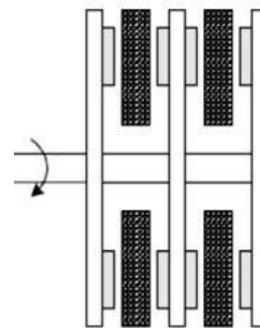
Pada generator yang memiliki 2 stator dan sebuah rotor atau dikenal sebagai tipe

stator eksternal memiliki perbedaan yang jelas dengan konstruksi pada rotor eksternal atau tipe yang memiliki 2 rotor dan sebuah stator. Pada Tipe ini pun juga memiliki perbedaan konstruksi rotor dengan tipe rotor eksternal. Tidak ada variasi tipe N-N atau N-S pada rotornya, tetapi variasi bentuk terjadi pada konstruksi statornya



Gambar 3. Stator ganda rotor tunggal(Sumber : Ratna Susana,2011)

3.4 ROTOR DAN STATOR BANYAK



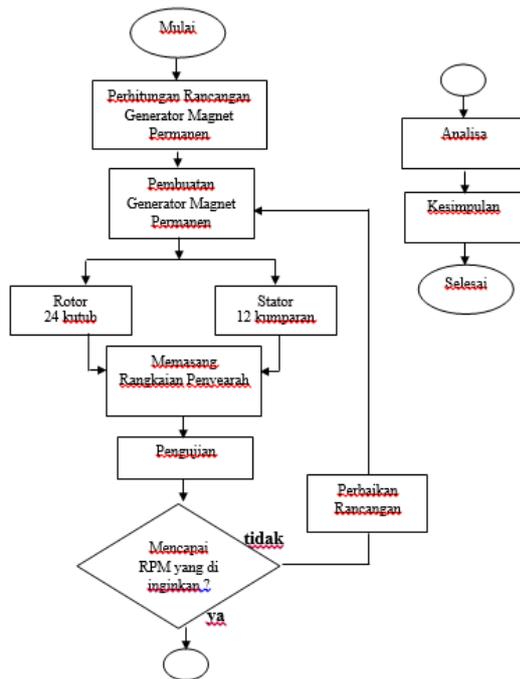
Gambar 4. Rotor dan stator banyak(Sumber : Ratna Susana,2011)

Pada generator tipe ini memiliki lebih dari dua stator atau dua rotor. Dengan alasan kebutuhan akan tenaga yang lebih besar (torsi), generator ini didesain. Hanya saja pada generator ini cukup besar jika dibandingkan pada dua tipe sebelumnya telah dibahas di atas. Tidak hanya itu, pada

generator ini juga memiliki transfer panas yang tidak begitu baik dibandingkan dengan kedua tipe sebelumnya. Pada generator ini juga memiliki tipe N-N dan tipe N-S. (Ratna Susana, 2011)

4 STRATEGI YANG DILAKUKAN

4.1 Flowchart



4.2 Menghitung parameter

Pada saat memutar generator dengan kecepatan tertentu dan rotor menghasilkan medan magnet, maka tegangan Erms akan terinduksi pada kumparan jangkar stator. Sesuai dengan persamaan dibawah ini. (Chapman, 2005)

$$E_{rms} = 4,44 \cdot N \cdot f \cdot \Phi_{max} \cdot \frac{N_s}{N_p h}$$

Fluks maksimal yang dihasilkan adalah :

$$\Phi_{max} = A_{magn} \cdot B_{max}$$

Hubungan antara frekuensi dan kecepatan putar generator dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini :

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

4.3 Sudut Pandang Software MagNet

Software magnet dapat digunakan untuk perancangan generator magnet permanen agar dapat melihat aliran fluks dari rancangan generator. Berikut hal-hal yang dapat di ambil dari software magnet :

1. Aliran fluks dari rancangan generator, apakah sudah maksimal teraliri di generator.
2. Perbaiki desain generator dengan menerapkan parameter-parameter yang digunakan.
3. Mendapatkan hasil rancangan yang lebih efisiensi.

5 KESIMPULAN dan SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa untuk aspek perancangan generator magnet permanen fluks aksial kecepatan putar 500-600 rpm dihasilkan melalui:

1. Magnet permanen yang digunakan yaitu *neodymium iron boron grade 35*
2. Tipe generator magnet permanen fluks aksial yang digunakan adalah rotor dan stator tunggal

5.2 SARAN

1. Melakukan perbandingan dengan parameter parameter dari generator, seperti jumlah kutub, jumlah kumparan, celah udara.
2. Memaksimalkan aliran fluks generator agar tidak ada fluks yang terbuang.

DAFTAR PUSTAKA

Mohammad Fiky, 2015. Rancang Bangun Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Untuk Turbin

- Angin Sumbu Vertikal Tipe Double-Stage Savonius
- Chun-Yu Hsiao, Sheng-Nian Yeh and Jonq-Chin Hwang, 2015. Design of High Performance Permanent-Magnet Synchronous Wind Generators
- Stephen J. Chapman, 2005. Electric Machinery Fundamentals. Int. J. Intell. Inf. Process.vol4.issue2.8
- Ratna Susana, 2011. Analisis Unjuk Kerja Rancang Bangun Generator Axial Cakram Tungga Sebagai Pembangkit Listrik Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius
- P Hariyotejo, 2009. *Perancangan Generator Fluks Aksial putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Dengan Variasi Celah Udara*. Universitas Diponegoro.