

# Analisa Efisiensi dan Rancang Generator Permanent Magnet 12 Slot 8 Pole Menggunakan Software Magnet 7.5

Indrawan Arifianto, Muhamad Rangga HS

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al Azhar Indonesia, Jakarta, Indonesia  
Penulis untuk Korespondensi/E-mail: indrawanarifianto1997@gmail.com

## Abstract

Generator (disebut juga *alternator*) adalah suatu alat atau mesin yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Generator sinkron magnet permanen / *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) merupakan salah satu komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Bayu) (PLTB) Pada *paper* ini akan dilakukan perancangan PMSG dengan menggunakan *software* MagNet Infolytica Trial Edition. Rancangan yang akan dibuat dengan menggunakan kombinasi 12 *slot* 8 *pole* (12S8P), rancangan dimodelkan dan disimulasikan pada *software* MagNet Infolytica Trial Edition. Hasil simulasi kemudian dianalisa dengan skenario berikut yaitu simulasi tanpa beban, variasi beban dan simulasi uji variasi RPM. Generator dengan simulasi uji tanpa beban menghasilkan tegangan antar fasa sebesar 89,46 volt. Analisa kemudian dilakukan dengan melihat grafik dari besaran tegangan, daya input dan daya keluaran pada generator. Generator memiliki efisiensi terendah 78 % dan tertinggi 100%. Dengan meningkatnya kecepatan putar menghasilkan tegangan keluaran yang semakin besar, namun memberikan kerapatan fluks yang tetap.

Kata Kunci : PLTB, MagNet Infolytica, PMSG, Generator, 12S8P.

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat dan kondisi sumber daya alam yang semakin menipis, membuat para peneliti untuk dapat menghasilkan energi terbarukan yang dapat diperoleh dari lingkungan sekitar, misalnya air, gelombang laut, radiasi matahari, panas bumi, angin dan lainnya. Energi angin adalah salah satu energi yang dapat dikembangkan di Indonesia. Kecepatan angina di Indonesia yang selalu berubah ubah bukan berarti tidak memiliki kesempatan untuk dikembangkan.[4]

Generator adalah salah satu bagian utama dari

pembangkit listrik tenaga angin yang dapat dikembangkan. Jenis *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) adalah salah satu jenis generator yang memiliki tingkat efisiensi tinggi karena tidak ada rugi-rugi eksitasi yang dihasilkan sehingga banyak digunakan pada pembangkit listrik tenaga angina.[3]

Pengembangan generator pastinya perlu menggunakan sebuah *software* aplikasi yang akan memudahkan perancangan generator dengan mensimulasikan terlebih dahulu, kemudian menganalisa dari hasil yang akan didapatkan. Sehingga rancangan generator bisa dilihat sesuai dengan keinginan tanpa harus membuatnya terlebih dahulu. Salah satu *software* untuk merancang generator adalah *software* MagNet Infolytica. *Software* ini mampu untuk membuat dan mengeluarkan hasil dari rancangan generator yang akan dibuat. *Paper* ini akan membahas rancangan generator menggunakan *software* MagNet infolytica dan kemudian menganalisa dari hasil simulasinya.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

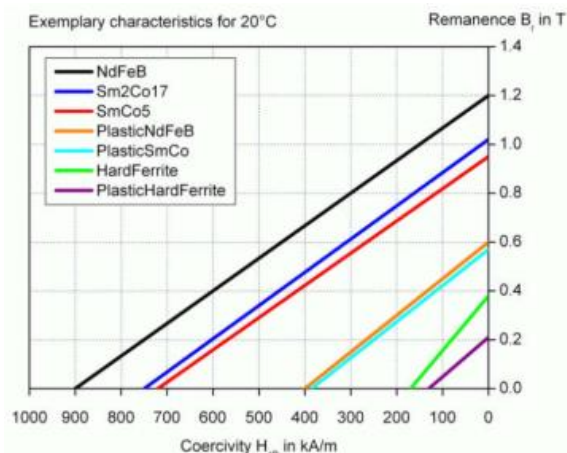
Generator sinkron magnet permanen (PMSG) adalah generator yang medan eksitasinya dihasilkan oleh magnet permanen bukan kumparan sehingga fluks magnetik dihasilkan oleh medan magnet permanen. Generator ini memiliki keunggulan yang signifikan, menarik minat para peneliti dan biasanya digunakan dalam aplikasi wind turbine. [3]

Generator sinkron magnet permanen merupakan mesin listrik berputar dengan 3-fase stator klasik yang seperti generator induksi pada umumnya. Magnet permanen bisa terpasang pada permukaan ataupun tertanam pada rotornya.

### 2.2. Material Medan Magnet

Sifat-sifat bahan permanen magnet akan mempengaruhi secara langsung kinerja dari generator dan pengetahuan yang tepat diperlukan untuk dapat memilih bahan yang tepat.

Dalam beberapa tahun terakhir bahan magnet seperti *Nikel Aluminium* dan paduan *Cobalt* (Alnico), *Strosium Ferit* atau *Barrium Ferrite* (Ferit), *Samarium Cobalt* (Generasi pertama magnet rare-earth) (SmCo) dan *Neodymium Iron-Boron* (Generasi kedua). NdFeB adalah magnet rare-earth yang paling umum digunakan pada generator sekarang ini. Karakteristik dari bahan yang umum digunakan pada magnet permanen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Karakteristik dari bahan permanen magnet pada suhu 20°C [3]

### 2.3. Persamaan Daya Keluaran dan Torsi Generator

Besarnya kerapatan fluks magnet celah udara  $B_g$  berpengaruh langsung pada besarnya EMF yang dibangkitkan. Untuk daya output dan torsi yang dihasilkan, dapat diselesaikan dengan persamaan [12] :

1. Torsi generator (T)

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad (3.1)$$

$$K_e = \frac{V_{dc}}{\omega} \quad \text{dimana } K_t = K_e \quad (3.2)$$

$$T = K_t \cdot I \quad (3.3)$$

2. Daya generator (P)

Besarnya Daya (P) pada PMSG dapat dihitung dengan rumus [12] :

$$P_{in} = T \cdot \omega$$

$$P_{out} = V \cdot I \quad (3.4)$$

$$(3.5)$$

3. Efisiensi generator ( $\eta$ )

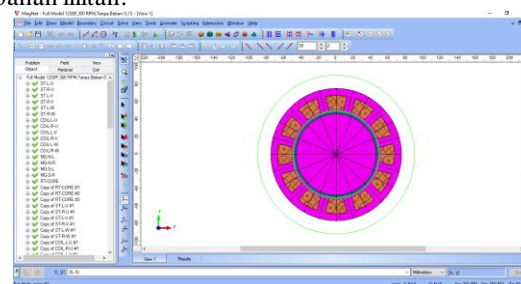
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

(3.6)

- Dimana :
- $E_{ph}$  = Tegangan fasa (volt)
  - f = Frekuensi (Hz)
  - $n_c$  = Jumlah lilitan per coil
  - $k_w$  = Faktor lilitan
  - $\Phi$  = Fluks magnet (Webber)
  - $N_s$  = Jumlah slot
  - $N_{ph}$  = Jumlah fasa
  - n = Putaran (rpm)
  - p = Jumlah kutub magnet
  - $\eta$  = Efisiensi
  - $P_{in}$  = Daya input (watt)
  - $P_{out}$  = Daya output (watt)
  - $\omega$  = Kecepatan sudut (rad/sec)
  - $K_e$  = Konstanta EMF
  - $K_t$  = Konstanta Torsi
  - I = Arus (ampere)
  - T = Torsi (Nm)

### 2.4. Software MagNet 7.5 Infolytica

MagNet Infolytica merupakan *software* yang digunakan sejak 1978 sebagai pemodelan perangkat elektromagnetik di komputer. *Software* MagNet Infolytica menyediakan laboratorium virtual yang dapat digunakan untuk membuat model serta menemukan sendiri bahan material yang digunakan sebagai bahan inti besi, bahan magnetik maupun bahan lilitan.



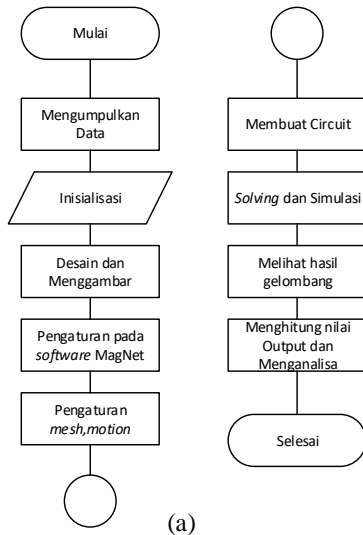
Gambar 2: Tampilan menu utama software MagNet Infolytica.

Gambar 2 adalah gambar tampilan software Magnet Infolytica. MagNet Infolytica dirancang sebagai perangkat lunak pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi beserta pemecahan masalah elektromagnetik. Peralatan-peralatan yang dapat disimulasikan pada software MagNet Infolytica dapat berupa motor atau generator, solenoida, loudspeakers, transformator, atau beberapa peralatan yang menggunakan belitan atau magnet permanen.

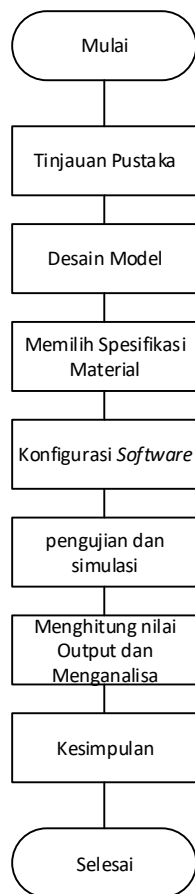
### 3. Metodologi Penelitian

Berikut adalah diagram alir pembuatan generator dengan menggunakan Software Magnet

Berikut adalah Diagram alir kegiatan Penelitian kami :



(a)



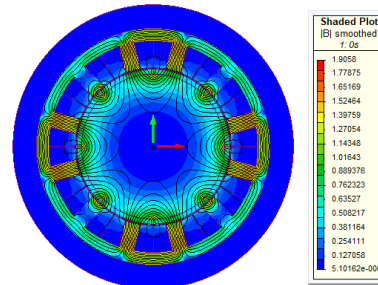
(b)

Gambar 3: (a) Diagram alir kegiatan dan (b) Diagram alir pembuatan Generator

### 4. Hasil dan pembahasan

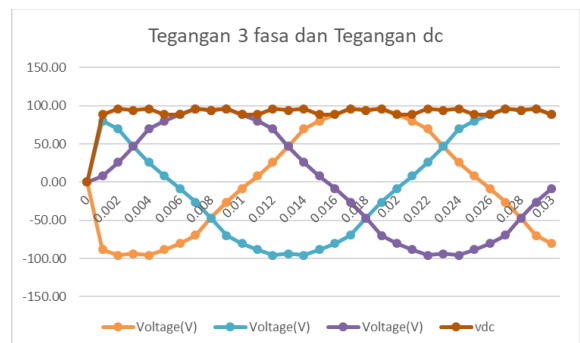
Berikut adalah Hasil dan pembahasan dari Simulasi yang telah dilakukan :

#### 1.1. Hasil simulasi generator magnet permanen 12 slot 8 pole full model dengan variasi kecepatan dan tanpa beban

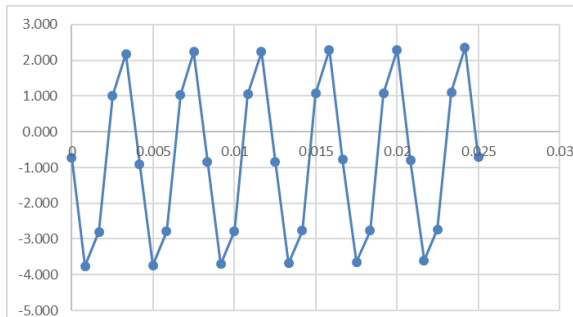


Gambar 4: Aliran fluks dengan kecepatan 500 RPM tanpa beban.

Dari Gambar 4 di atas adalah gambaran aliran fluks menunjukkan bahwa semakin berwarna merah maka semakin besar kerapatan fluksnya kemudian diperoleh nilai flux linkage dilanjutkan dengan mencari nilai tegangan fasa lalu tegangan antar fasa yang ditampilkan dalam gambar 5 dan dan torsi pada Gambar 6



Gambar 5: Grafik Tegangan Antar Fasa dari Hasil Simulasi



Gambar 6: Grafik Torsi dari Hasil Simulasi 500RPM

Pada gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh generator merupakan gelombang sinusoidal dan diubah ke sebuah gelombang tegangan DC rata-rata dan gambar 6 yang menunjukkan nilai torsi pada kecepatan 500 rpm. Dari nilai rata-rata tersebut dapat dihitung nilai konstanta  $K_e$  0.0101 V/rpm dan dengan torsi sebesar 0.727 Nm didapatkan nilai daya sebesar 0.372 KW. Berikut adalah nilai tegangan *output* dari percobaan dengan variasi kecepatan yang ditampilkan dalam table 1:

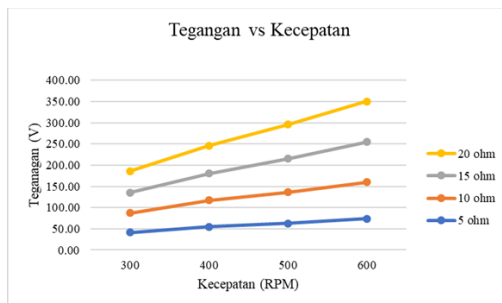
Tabel 1 Data Tegangan rata-rata dari Hasil Simulasi Variasi Kecepatan

Speed (RPM)	V-DC Rata-rata (V)
300	53.68
400	71.58
500	89.48
600	107.18

Dari tabel 4.4 dari hasil simulasi dengan variasi kecepatan, perbandingan masing-masing nilai tegangan memperlihatkan bahwa kecepatan berpengaruh terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Pengaruh kecepatan adalah semakin tinggi kecepatan, maka semakin besar nilai tegangan yang dihasilkan.

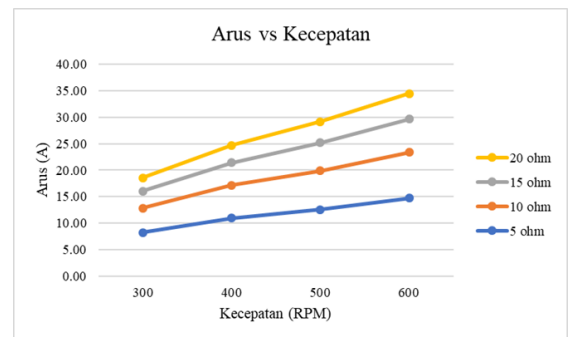
### 1.2. Hasil simulasi variasi beban R dan kecepatan

Berikut adalah hasil dari simulasi dengan perubahan variasi parameter beban dan nilai kecepatan putar:



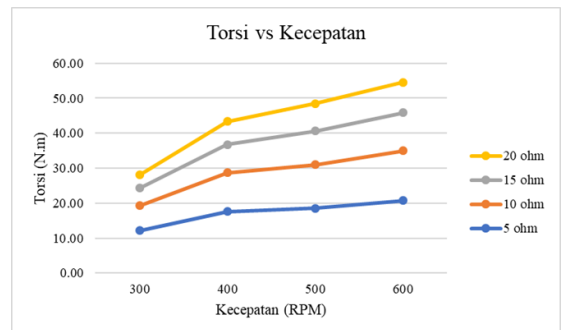
Gambar 4.10 Grafik hasil nilai Tegangan (V) dengan variasi beban R dan Kecepatan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai putar maka akan semakin tinggi juga nilai daya tegangan dan jika dilihat dari beban maka semakin besar beban maka nilai inputan pun semakin Tinggi



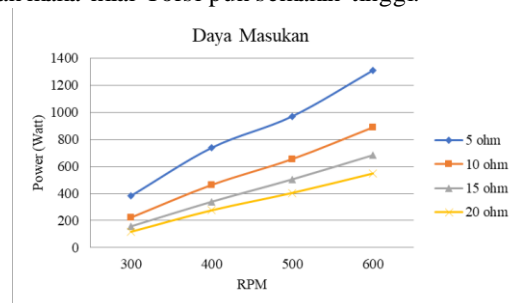
Gambar 4.11 Grafik hasil nilai Arus (A) dengan variasi beban R dan Kecepatan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai putar maka akan semakin tinggi juga nilai Arus dan jika dilihat dari beban maka semakin besar beban maka nilai arupun semakin Tinggi



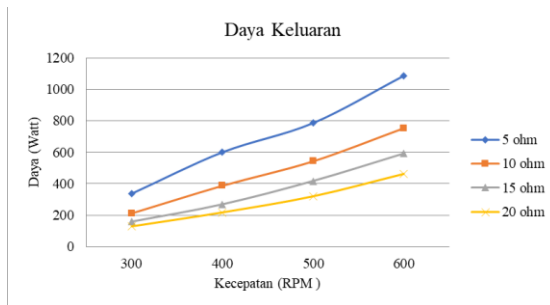
Gambar 4.12 Grafik hasil nilai Torsi (V) dengan variasi beban R dan Kecepatan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai putar maka akan semakin tinggi juga nilai Torsi dan jika dilihat dari beban maka semakin besar beban maka nilai Torsi pun semakin tinggi.



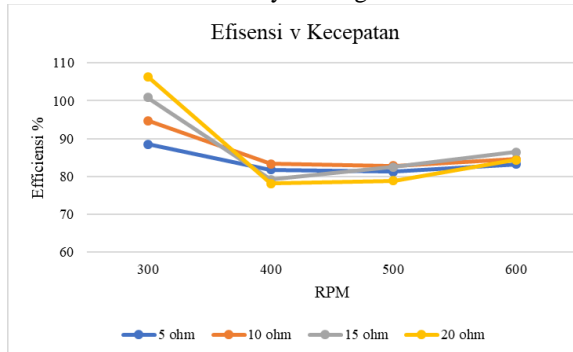
Gambar 4.13. Grafik nilai daya Masukan(watt)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai putar maka anakan semakin tinggi juga nilai daya input dan jika dilihat dari beban maka semakin besar beban maka daya input pun semakin rendah.



Gambar 4.14. Grafik nilai daya keluaran (watt)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai putar maka anakan semakin tinggi juga nilai daya Keluaran dan jika dilihat dari beban maka semakin besar beban maka daya keluaran pun semakin rendah. Dengan membandingkan nilai daya input dan daya masukan bisa didapatkan nilai efisiensi dari generator tersebut dan Hasilnya sebagai berikut :



Gambar 4.15. Grafik nilai Efisiensi (%)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk nilai efisiensi tertinggi ada pada putaran 300 rpm dan dari grafik tersebut menunjukkan bahwa besaran nilai dari generator di atas 80 %

## 2. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi di atas dapat disimpulkan bahwa generator tanpa beban memiliki nilai tegangan 89.46 V. Variasi beban dan kecepatan pada generator akan mempengaruhi nilai *output* dari tegangan, arus dan daya keluaran generator. Semakin tinggi kecepatan dan beban maka akan semakin tinggi juga nilai arus, tegangan dan torsi dan berbanding lurus dengan nilai beban. Nilai efisiensi didapatkan dari pembagian antara daya output dengan nilai daya input dikali 100 persen yang mendapatkan nilai di atas 80 % yang artinya nilai yang cukup tinggi.

## References

- [1] Tim Penulis Lentera Bumi Nusantara. 2017. Profil Lentera Bumi Nusantara. Tasikmalaya Jawa Barat.
- [2] Tim Penulis Lentera Angin Nusantara. 2014. Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Tenaga Angin. Tasikmalaya Jawa Barat.
- [3] Azka, M., 2013. Analisa Perancangan dan Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen Dengan Rotor Berlubang.
- [4] Pramono, B.W., Warindi, Hidayat, A., 2015. Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah.
- [5] Satya B, G., 2017. Tutorial Analisa Efisiensi i Generator Permanent Magnet 12S8P Dengan Simulasi Transient Pada Software Magnet.
- [6] Strous, I.T.D., 2010. Design of a Permanent Magnet Radial Flux Concentrated Coil Generator for a Range Extender Application.
- [7] Chapman, Stephen J. 2012. "Electric Machinery Fundamentals-5 th Edition". McGraw-Hill. New York

