

# Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah

## Permanent Magnet Generator as Low Speed Electric Power Plant

Hari Prasetijo<sup>#1</sup>, Ropiudin<sup>#2</sup>, Budi Dharmawan<sup>#3</sup>

aydinhari@yahoo.com<sup>#1</sup>

ropizi@yahoo.com<sup>#2</sup>

b\_dharmawan@yahoo.co.id<sup>#3</sup>

Program Studi Teknik Elektro Unsoed<sup>#1</sup>

Program Studi Teknik Pertanian Unsoed<sup>#2</sup>

Program Studi Agribisnis Unsoed<sup>#3</sup>

**Abstract**— Development renewable energy as electrical energy need to be followed by provision of low speed generator, especially for small-scale use of alternative energy. This study discusses the design of low speed synchronous generator using permanent magnets for producing magnetic flux in the rotor. Stator coils are designed so that on the rotation of 500 rpm generator can produce 5 watts output power at 3 phase voltage 12 Vac.

**Keyword**— Renewable energi, permanen magnet generator, generator design.

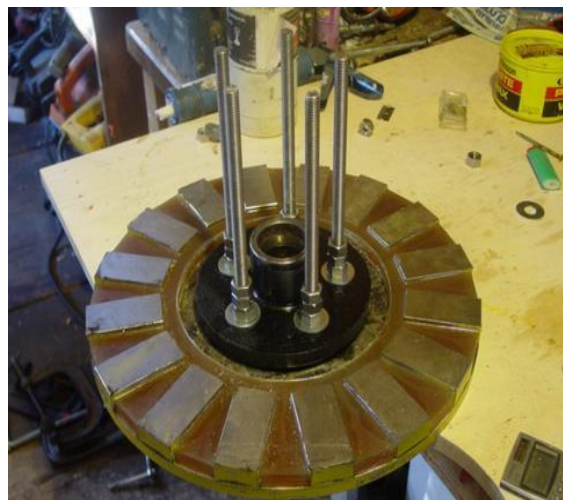
### PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi air, energi angin dan energi termal matahari sebagai sumber energi listrik alternatif skala kecil memerlukan generator yang sesuai karena energi mekanik berupa putaran yang dihasilkan oleh sumber energi tersebut umumnya pada putaran yang rendah. Oleh karena itu perlu pengembangan generator sinkron yang mampu menghasilkan tegangan dan frekuensi yang diperlukan pada putaran yang relatif rendah. Tulisan ini menjelaskan desain generator menggunakan magnet sebagai pengganti kumparan jangkar pada rotor sebagai sumber fluks magnet dan kumparan kawat tembaga (email) sebagai kumparan jangkar pada stator yang dikenal sebagai generator magnet permanen. Generator ini didesain untuk menghasilkan daya listrik 5 watt pada tegangan 3 fasa 12 Vac.

### ROTOR

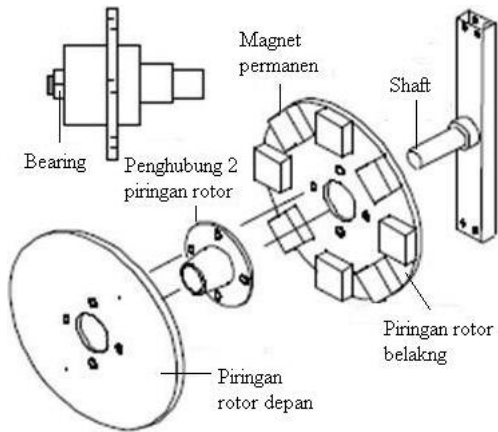
Rotor merupakan bagian generator yang berputar. Rotor generator magnet permanen tersusun dari sejumlah magnet permanen sebagai penghasil medan magnet yang diperlukan dalam pembangkitan tegangan generator. Magnet permanen disusun pada sepasang media berbentuk piringan dengan posisi berhadapan mengagap stator sedemikian sehingga fluks magnet yang melingkupi kumparan stator dari masing masing magnet permanen saling memperkuat. Agar dapat berputar dua piringan tersebut dihubungkan pada shaft yang tersambung dengan poros menuju penggerak mula.

Gambar 1 menunjukkan magnet permanen yang disusun pada media berbentuk piringan.



Gambar 1. Susunan magnet permanen pada piringan rotor

Untuk dapat berfungsi sebagai rotor maka dua piringan tersebut disusun pada shaft seperti ditunjukkan pada gambar 2.



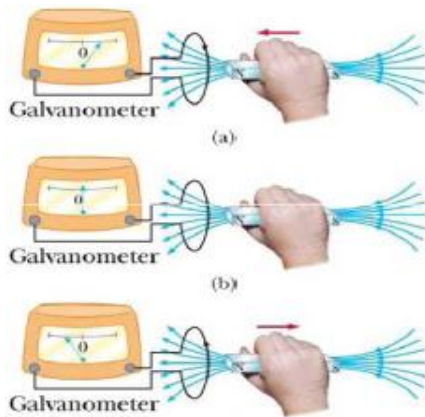
Gambar 2. Susunan rotor pada shaft

### INDUKSI ELEKTROMAGNET

Pada generator terjadi induksi elektro magnetik yang mengacu pada hukum Faraday dan Lenz. Hukum Faraday menjelaskan bahwa Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut, hal tersebut sesuai dengan persamaan

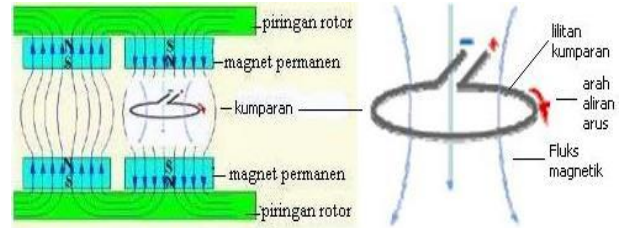
$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Sedangkan hukum Lenz menjelaskan bahwa GGL induksi yang muncul berarah melawan perubahan fluks menyebabkannya arus yang mengalir atau dengan kata lain bahwa arus induksi menghasilkan medan magnet yang melawan perubahan fluks magnet yang menghasilkan arus induksi, seperti tujukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Prinsip hukum Lenz

Pada generator tipe axial, fluks magnet tidak akan banyak terjadi saat magnet tidak bergerak, tetapi saat piringan dua rotor digerakkan maka akan dihasilkan tegangan potensial seperti ditunjukkan oleh gambar 4. Perubahan kecepatan akan mempengaruhi besar potensial tegangan yang dihasilkan



Gambar 4. Pembangkitan listrik pada kumparan

### STATOR

Stator generator magnet permanen merupakan kumparan medan, tersusun dari beberapa kumparan kawat (coil) email yang dilapisi dengan bahan isolator. Jumlah kumparan mempengaruhi kuantitas tegangan keluaran generator. Hubungan seri beberapa kumparan menentukan keluaran tegangan generator menjadi 1 fasa atau 3 fasa. Gambar 5 menunjukkan 3 kumparan kawat email.



Gambar 5. Kumparan kawat email

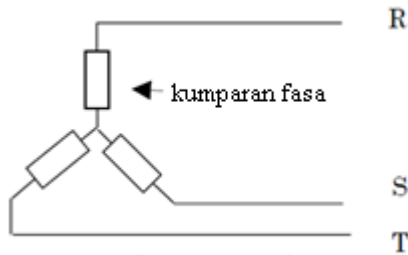
Agar dapat berfungsi sebagai stator kumparan kawat email disusun membentuk piringan pada suatu media dengan reluktansi (tahanan aliran fluks) rendah. Gambar 6 menunjukkan susunan 12 kumparan membentuk piringan dengan tegangan keluaran 3 fasa.



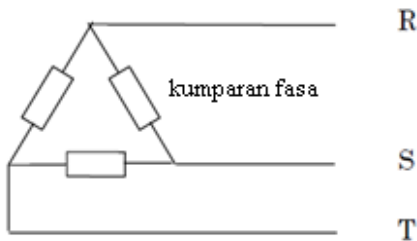
Gambar 6. Susunan kumparan stator

Hubungan kumparan untuk mendapatkan tegangan keluaran generator 3 fasa dibedakan menjadi 2 jenis yaitu, hubungan kumparan bintang (star) dan hubungan

kumparan segitiga (delta). Pada jenis hubungan kumparan star, masing-masing pangkal kelompok kumparan kawat tembaga (kumparan fasa) dihubungkan menjadi satu, seperti ditunjukkan pada gambar 7. Pada jenis kumparan delta, pangkal dan ujung masing-masing kumparan fasa saling dihubungkan. Ujung kumparan fasa R dengan pangkal kumparan fasa S, ujung kumparan fasa S dengan pangkal kumparan fasa T dan ujung kumparan fasa T dengan pangkal kumparan fasa R, seperti pada gambar 8.



Gambar 7. Hubungan kumparan star



Gambar 8. Hubungan kumparan delta

**METODE**

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah perhitungan dengan memperhatikan keluaran generator sebagai konstanta pada kisaran :

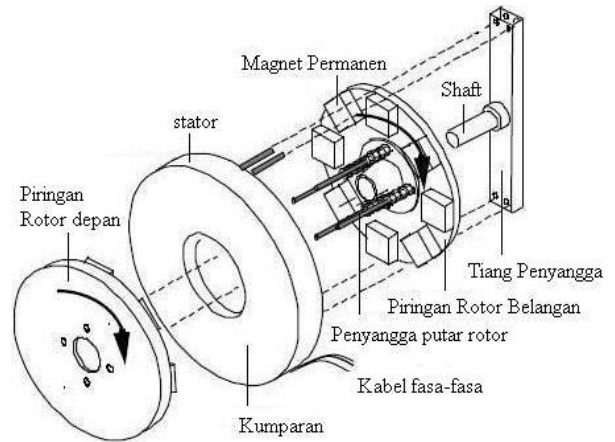
- daya 5 watt
- tegangan 3 fasa 12 Vac
- frekuensi 50 Hz

Tahapan yang dilakukan :

1. Menentukan : dimensi dan struktur rotor, kerapatan fluks magnet, jumlah kutub, berat magnet, berat piringan rotor
2. Menentukan : dimensi dan struktur stator
3. Menentukan : konfigurasi lilitan. Jumlah lilitan per kumparan, arus
4. Menganalisa tegangan output generator, frekuensi, daya keluaran.

**PERANCANGAN GENERATOR**

Pada prinsipnya perancangan generator meliputi rotor dan stator untuk membentuk konstruksi generator seperti ditunjukkan pada gambar 9.

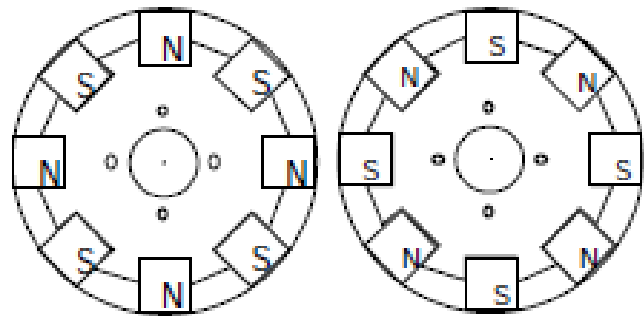


Gambar 9. Konstruksi generator

**PERANCANGAN ROTOR**

**A. Menentukan Jumlah Rotor**

Kutub rotor tersusun dari dua buah magnet permanen yang berhadapan dengan syarat bahwa kutub magnet yang berhadapan berbeda jenis seperti tampak pada gambar 10, agar terjadi gaya tarik menarik sehingga dengan adanya kumparan stator diantara kedua rotor maka akan tercipta gaya induksi elektromagnetik.



Gambar 10. Urutan kutub magnet

Dalam menentukan jumlah kutub di setiap rotor dalam perancangan ini didasari oleh rumus pada pers. (1) dengan beberapa nilai yang telah diketahui yaitu frekuensi dan jumlah putaran.

$$f = \frac{p}{2} \times \frac{n}{60} \dots\dots\dots(1)$$

- $n$  = Kecepatan putar rotor (rpm)
- $p$  = Jumlah kutub rotor
- $f$  = frekuensi (Hz)

$$50 = \left(\frac{p}{2}\right) \times \left(\frac{500}{60}\right)$$

$$50 = \left(\frac{p}{2}\right) \times 8,333$$

$$p = 12$$

**B. Menentukan Jenis Magnet**

Magnet permanen yang digunakan dalam perancangan ini adalah jenis magnet NdFeb (Neodymium-Iron-Boron) karena magnet ini memiliki maximum energy product (BHmax) paling tinggi, yaitu hingga 440 KJ/m<sup>3</sup> (Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik, LIPI.2008). Jenis dari magnet NdFeb sangat bervariasi tergantung dari kebutuhannya. Tipe magnet NdFeb yang digunakan dalam PMG ini yakni NdFeb N42 Ni, yang memiliki ukuran 10 x 20 x 10 (mm), berbentuk balok dan terbuat dari bahan nikel dengan spesifikasi ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1. SPESIFIKASI MAGNET NDFEB N42 NI

Characteristic	Units	min.	nominal	max.
	<b>Br</b> , Residual Induction	Gauss	12,800	13,000
mT		1280	1300	1320
<b>H<sub>cB</sub></b> , Coercivity	Oersteds	10,900	11,750	12,600
	kA/m	867	935	1,003
<b>H<sub>cJ</sub></b> , Intrinsic Coercivity	Oersteds	12,000		
	kA/m	955		
<b>BHmax</b> , Maximum Energy Product	MGOe	40	42	43
	kJ/m <sup>3</sup>	318	330	342

**C. Menentukan Jarak Antar Magnet dan Keliling Rotor**

Dengan mengacu terhadap gambar 11. Jarak antar magnet dapat di cari dengan menggunakan persamaan 2 :

$$\tau_f = \text{Sin } 30^\circ \times b \dots\dots\dots (2)$$

dengan

$\tau_f$  = Jarak antar magnet (cm)  
b = Panjang Magnet (cm)

(Jarak Antar Magnet)  $\tau_f = \text{Sin } 30^\circ \times b$

$$= \left(\frac{1}{2}\right) \times 2$$

$$= 1 \text{ cm}$$

Hasil dari nilai jarak antar magnet ini akan digunakan untuk mencari keliling rotor.

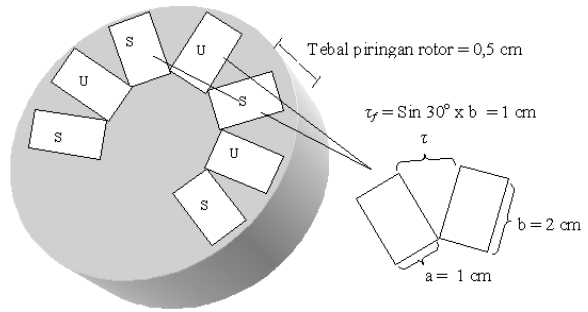
Untuk mencari keliling rotor masih mengacu terhadap gambar 11, dengan menggunakan persamaan 3:

$$Kr = (\tau_f \times 12) + (a \times 12) \dots\dots\dots (3)$$

dengan

Kr = Keliling rotor (cm)  
 $\tau_f$  = Jarak antar magnet (cm)  
a = Lebar magnet (cm)

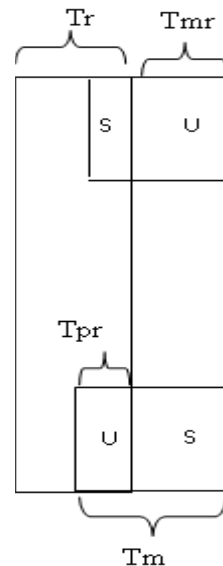
(Keliling rotor)  $Kr = (\tau_f \times 12) + (a \times 12)$   
 $= (1 \times 12) + (1 \times 12)$   
 $= 24 \text{ cm}$



Gambar 11. Piringan rotor dan kutub magnet

**D. Menentukan Tebal Piringan Rotor**

Tebal piringan rotor ( $T_r$ ) = 0,5 cm. Nilai ini didapatkan dari pertimbangan tebal magnet sebesar 1 cm ( $T_m$ ), dimana akan diambil tebal magnet sebesar 0,25 cm ( $T_{pr}$ ) akan di tempelkan ke dalam piringan rotor dengan tujuan supaya magnet bisa kokoh/ tidak bergerak pada saat rotor berputar. Dan kemudian sisa dari tebal magnet sebesar 0,75 cm ( $T_{mr}$ ) yang digunakan untuk gesekan dengan kumparan stator yang akan menghasilkan GGL induksi. Gambar tebal piringan rotor seperti tampak pada gambar 12.



Gambar 12. Tebal Piringan Rotor

**E. Menentukan Berat Piringan Rotor**

Dalam menentukan piringan rotor seperti tampak pada gambar.17, yang digunakan dalam perancangan PMG tipe Axial ini menggunakan persamaan 4:

$$Bpr = Kr \times Tpr \times \rho \text{ besi} \dots\dots\dots (4)$$

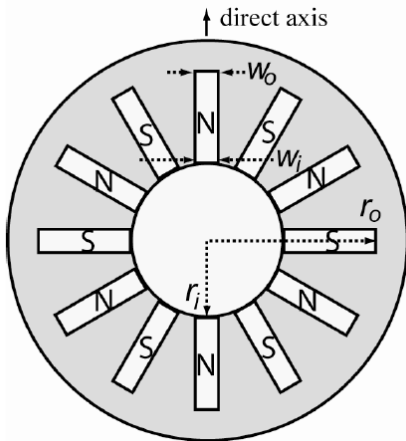
- dengan
- Bpr = Berat piringan rotor (Kg)
- Kr = Keliling rotor (cm)
- Tpr = Tebal piringan rotor (cm)
- $\rho$  = massa jenis besi

$$\begin{aligned} \text{(Berat piringan rotor) } Bpr &= Kr \times Tpr \times \rho \text{ besi} \\ &= 24 \times 0,5 \times 0,0786 \\ &= 0,9432 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Karena di perancangan PMG tipe Axial ini menggunakan 2 piringan rotor jadi berat 2 piringan rotor =  $2 \times 0,9432 = 1,8864 \text{ Kg}$ .

**F. Menentukan Luasan Area Magnet**

Luasan area magnet ini menentukan luasan piringan rotor dengan selanjutnya adanya syarat bahwa luasan piringan stator mengikuti luasan rotor dengan tujuan untuk mensinkronkan antara kutub magnet permanen dengan kumparan pada stator. Skema rotor dalam perancangan PMG ini dapat dilihat di gambar 13.



Gambar 13. Skema rotor

Dalam perancangan rotor ini dengan bentuk selinder maka dalam mencari luas area magnet menggunakan persamaan 5 ;

$$Amagn = \frac{\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2) - \tau_f (r_o - r_i) \cdot Nm}{Nm} \quad (5)$$

Dimana:

- $r_o$  = Radius luar magnet (cm)
- $r_i$  = Radius dalam magnet (cm)
- $\tau_f$  = Jarak antar magnet (cm)
- $N_m$  = Jumlah magnet (Luas area magnet)

$$\begin{aligned} Amagn &= \frac{\pi \cdot (r_o^2 - r_i^2) - \tau_f (r_o - r_i) \cdot Nm}{Nm} \\ &= \frac{3,14 \cdot (3,821^2 - 1,821^2) - 1(3,821 - 1,821) \cdot 12}{12} \\ &= 2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

**G. Menentukan Densitas Fluks Maksimum**

Dalam perancangan rotor ini dengan bentuk selinder maka dalam mencari Densitas Fluks Maksimum menggunakan persamaan :

$$B \text{ max} = Br \cdot \frac{lm}{lm + \delta} \quad (6)$$

Dimana:

- Br = Densitas fluks magnet (Tesla) (Nilai Br merupakan nilai ketetapan dari jenis magnet NdFeB N42 Ni.
- Lm = tebal magnet (cm)
- $\delta$  atau lg = Jarak antara rotor dengan stator (cm)

$$\begin{aligned} \text{(Densitas Fluks Maksimum) } B \text{ max} &= Br \cdot \frac{lm}{lm + \delta} \\ &= 1,3 \cdot \frac{1}{1 + 0,2} \\ &= 1,0833 \text{ T} \end{aligned}$$

**H. Menentukan Kerapatan Fluks Magnetik**

Dalam perancangan rotor ini dengan bentuk selinder maka dalam mencari Fluks magnetik menggunakan persamaan:

$$\phi \text{ max} = Amagn \cdot B \text{ max} \quad (7)$$

Dimana:

- $\phi \text{ max}$  = Fluks magnetik (Webber)
- $A_{magn}$  = Area magnet ( $\text{cm}^2$ )
- $B_{max}$  = Densitas fluks maksimum

$$\begin{aligned} \text{(Fluks Magnet) } \phi \text{ max} &= Amagn \cdot B \text{ max} \\ \phi \text{ max} &= 2 \times 1,0833 \\ &= 0,000216667 \text{ Webber} \end{aligned}$$

PERANCANGAN STATOR

A. Menentukan Jumlah Kumbaran Stator

Jumlah kumbaran = 12 buah. Nilai ini didapatkan dari besarnya jumlah magnet pada rotor, agar keliling stator menyesuaikan keliling rotor. Pertimbangan lain adalah agar kumbaran dapat sepenuhnya tersapu oleh fluks magnetik.

B. Menentukan Jumlah Lilitan Stator

Jumlah Lilitan = 63 buah. Nilai ini didapatkan dari rumus tegangan induksi pada generator:

$$E_{rms} = \frac{E_{maks}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \phi_{maks} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}} \quad (8)$$

Dimana :

$E_{rms}$  = Tegangan induksi (Volt)

$N$  = Jumlah lilitan per kumbaran

$f$  = Frekwensi (Hz)

$\phi_{maks}$  = Fluks magnet (Wb)

$N_s$  = Jumlah kumbaran

$N_{ph}$  = Jumlah fasa

dengan pertimbangan untuk meraih tegangan 12 Vac serta parameter yang telah ada seperti frekuensi sebesar 50 Hz, fluks magnet ( $\phi_{maks}$ ) sebesar 0,000216667 Webber, jumlah kumbaran sebesar 12 buah serta jumlah fasa sebesar 3 buah maka dapat dihitung dengan menggunakan pers.9 sebagai berikut:

$$12 = \left( \frac{2 \times 3,14}{\sqrt{2}} \right) \times N \times 50 \times 0,000216667 \times \left( \frac{12}{3} \right)$$

$N = 63$  Lilitan

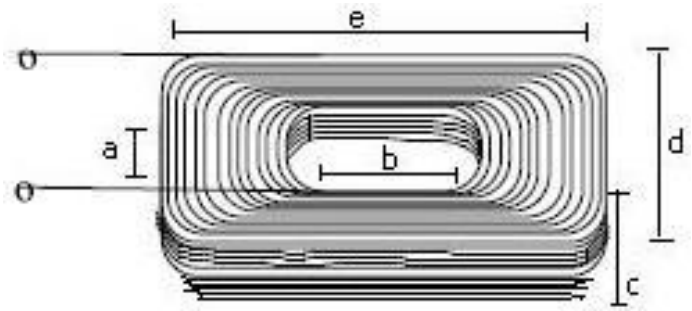
C. Menentukan Diameter Kawat Email

Diameter kawat email = 0,04 cm. Nilai ini didapatkan pada referensi kawat email pada tabel 4, besar arus yang dibutuhkan sebesar 0,301 A mendekati nilai 0,361 A yang mana besar arus tersebut dapat dialirkan dengan kawat email berdiameter 0,4 mm. Besarnya nilai arus ini bergantung dari besar diameter kawat email, semakin besar diameter kawat, maka semakin besar pula arus yang mengalir.

D. Menentukan Dimensi Kumbaran Stator

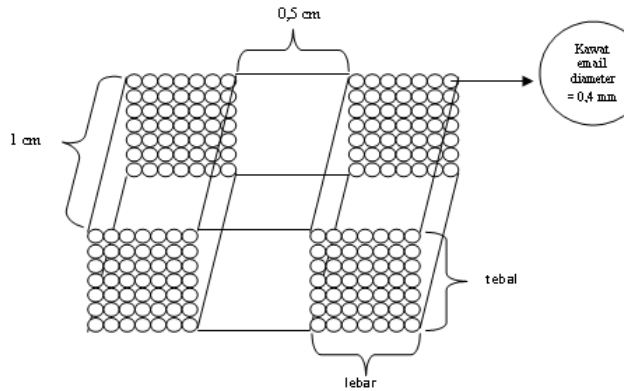
Dimensi kumbaran seperti tampak pada gambar 14

:



Gambar 14. Kumbaran 3 dimensi

- i. Sisi atas titik tengah kumbaran = 0,5 cm. Nilai ini didapatkan dari 50% lebarnya magnet agar tercipta gaya induksi elektromagnetik yang maksimal. Pertimbangan lain adalah agar ukuran dimensi kumbaran mendekati ukuran dimensi magnet sehingga tercipta luasan piringan stator mendekati nilai luasan piringan rotor. Sisi atas titik tengah kumbaran dilambangkan dengan huruf **a** seperti pada gambar 14.
- ii. Sisi samping titik tengah kumbaran = 1 cm. Nilai ini didapatkan dari 50% panjangnya magnet agar tercipta gaya Induksi Elektromagnetik yang maksimal. Pertimbangan lain adalah agar ukuran dimensi kumbaran mendekati ukuran dimensi magnet sehingga tercipta luasan piringan stator mendekati nilai luasan piringan rotor. Sisi samping titik tengah kumbaran dilambangkan dengan huruf **b** seperti pada gambar 14.
- iii. Sisi atas kumbaran = 1,134980315 cm. Nilai ini didapatkan dari 2 kalinya lebar kumbaran ditambah sisi atas titik tengah kumbaran, maka  $(2 \times 0,317490157 \text{ cm}) + 0,5 \text{ cm} = 1,134980315 \text{ cm}$ . Sisi atas kumbaran dilambangkan dengan huruf **d** seperti pada gambar 14.
- iv. Sisi samping kumbaran = 1,634980315 cm. Nilai ini didapatkan dari dari 2 kalinya lebar kumbaran ditambah sisi samping titik tengah kumbaran, maka  $(2 \times 0,317490157 \text{ cm}) + 1 \text{ cm} = 1,634980315 \text{ cm}$ . Sisi samping kumbaran dilambangkan dengan huruf **e** seperti pada gambar 14.
- v. Tebal dan lebar kumbaran = 0,317490157 cm. Nilai ini didapatkan dari nilai sisi dari luasan kumbaran, sehingga jika lilitan berjumlah 61 buah maka,



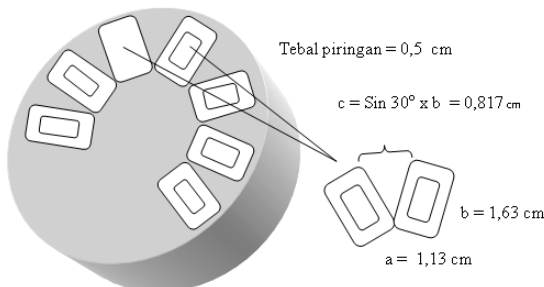
Gambar 15 Tebal dan lebar kumparan 3 dimensi

Jumlah kawat email yang menyusun sisi pada tebal atau lebar sebesar  $\sqrt{63} = 7.93725393$  buah. Sehingga dengan ukuran kawat email berdiameter 0,4 mm, maka lebar atau tebal kumparan sebesar  $7.93725393 \times 0,04 \text{ cm} = 0,317490157 \text{ cm}$  seperti pada gambar 12. Tebal atau lebar kumparan dilambangkan dengan huruf **e** seperti pada gambar 14.

**E. Menentukan Dimensi Piringan Stator**

Dimensi piringan stator seperti tampak pada gambar 16 :

- 1) Keliling stator = 23,42964566 cm. Nilai ini didapatkan dari **c** x 12 celah antar kumparan lalu dijumlahkan dengan **a** x 12 buah kumparan.
- 2) Radius luar kumparan atau stator = 3,730835297 cm. Nilai ini didapatkan dari rumus keliling lingkaran stator yaitu  $23,42964566 \text{ cm} = 2\pi r$ , maka  $r = 3,730835297 \text{ cm}$ .
- 3) Radius dalam kumparan atau stator = 2,10 cm. Nilai ini didapatkan dari radius luar kumparan atau stator dikurangi **b**.
- 4) Tebal piringan stator = 0,5 cm. Nilai ini didapatkan dari pertimbangan tebal kumparan sebesar 0,317490157 cm, sehingga ada sisa 0.182509843 cm untuk bagian luar resin yang melindungi seluruh kumparan.



Gambar 16. Piringan stator dan kumparan stator

**F. Menghitung Analisis Tegangan Keluaran Generator**

Berdasarkan parameter nilai keluaran tegangan generator yang diinginkan sebesar 12 Vac. Dalam perencanaan pasti akan selalu ada perbedaan yakni dengan mengacu terhadap pers.9.

$$E_{rms} = \frac{E_{maks}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \phi_{maks} \cdot \frac{N_s}{N_{ph}}$$

$$E_{rms} = \left( \frac{2 \times 3,14}{\sqrt{2}} \right) \times 63 \times 50 \times 0,000216667 \times \left( \frac{12}{3} \right)$$

$$E_{rms} = 12,1 \text{ Vac}$$

Maka didapatkan nilai tegangan keluaran sebesar 12,1 Vac adanya selisih dengan nilai tegangan yang diinginkan sebesar 0,1 Vac.

**G. Menghitung Frekuensi (Hz)**

Dalam perancangan PMG tipe Axial ini diinginkan frekuensi sebesar 50 Hz, dimana nilai 50 Hz ini merupakan standar frekuensi di Indonesia.

Untuk menghitung nilai frekuensi digunakan persamaan :

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} \tag{9}$$

Dimana :

F = Frekuensi (Hz)

n = Kecepatan putar rotor (rpm) (nilai putaran telah ditentukan sebesar 500 rpm)

P = Jumlah kutub rotor

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} = \left( \frac{12}{2} \right) \times \left( \frac{500}{60} \right) = 50 \text{ Hz}$$

Nilai frekuensi yang didapat berdasarkan perhitungan sebesar 50 Hz.

**H. Menghitung Daya Keluaran**

Dalam perancangan PMG tipe Axial ini diinginkan daya keluaran sebesar 5 Watt. Dalam perancangan PMG ini untuk menghitung daya keluaran menggunakan persamaan :

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{3} \tag{10}$$

Dimana:

P = Daya Keluaran (KVA)

V = Tegangan keluaran generator (Volt)

I = Arus (Ampere)

cos φ = 0,8 (nilai yang diinginkan)

$$\begin{aligned} \text{(Daya Keluaran) } P &= V.I.\text{Cos}\phi. \sqrt{3} \\ &= 12 \times 0,361 \times 0,8 \times \sqrt{3} \\ &= 6 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Nilai daya keluaran yang didapat berdasarkan perhitungan sebesar 6,003 Watt, nilai ini berbeda dengan nilai yang diinginkan sebesar 5 Watt. Hal ini dikarenakan tidak tersedianya kawat email dipasaran yang sesuai dengan keinginan si perancang. dan akhirnya di pilih kawat email yang mempunyai aliran arus yang mendekati nilai perancangan yakni 0,361 A dengan diameter kawat 0,4 mm.

#### KESIMPULAN

1. Putaran rotor dalam perancangan generator dapat dicapai dengan menentukan jumlah kutub rotor.
2. Tegangan generator dipengaruhi oleh kerapatan fluks yang dihasilkan magnet permanen dan jumlah lilitan stator.
3. Daya aktif generator akan dipengaruhi faktor daya.

4. Perancangan generator magnet permanen menghasilkan spesifikasi generator 3 fasa hubungan belitan Y, tegangan 12,1 Vac, daya aktif 6 watt, frekuensi 50 Hz pada putaran nominal 500 rpm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Khennas, Smail. 2001. PMG Construction Manual. England
- Warlock, Engineering. 2003. 10 KW, 15  $\phi$  Axial Flux Pancake Generator For 2-blade Wind Turbine.
- F. Price, Garrison, D. Batzel, Todd. Comanescu, Mihai. And A. Muller, Bruce. 2008. Design and Testing of a Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator. Pennsylvania State University: Altoona College.
- Irasari, Pudji. 2008. Metode Perancangan Generator Magnet Permanen Berbasis Pada Dimensi Stator Yang Sudah Ada. LIPI: Bandung.
- Fahey, Steven. 2006. Basic Principles Of The Homemade Axial Flux Alternator.
- Pujowidodo, Hariyotejo. Helian, Jefri Helian. Eka Pramono, Gatot dan Ridwan, Abrar. Pengembangan Generator Mini Dengan Menggunakan Magnet Permanen. Departemen Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Indonesia : Indonesia.