

# GENERATOR HOMOPOLAR MAGNET PERMANEN KUTUB FERRO

Andi Pawawoi, MT.

Jurusan Elektro Fakultas Teknik Unand, Kampus UNAND Limau Manis,  
Tlp. 075172584, Fax 0751 72566,  
email: andi\_wawo@ft.unand.ac.id

## ABSTRAK

Masalah utama yang terdapat pada generator homopolar adalah tegangan keluarannya rendah. Salah satu penyebab rendahnya tegangan keluaran tersebut adalah adanya reduksi fluks medan magnet yang menembus piringan armatur oleh fluks yang dibangkitkan arus beban pada piringan armatur, terutama pada generator homopolar yang menggunakan sumber medan utama dari magnet permanen. Solusi yang dapat dilakukan untuk menghindari reduksi tersebut adalah menambahkan plat ferromagnetik pada kutub medan utama (kutub magnet permanen). Dengan plat tersebut, diharapkan fluks medan dari arus beban bersirkulasi pada plat dan tidak mereduksi medan utama. Untuk menguji solusi di atas, didesain dan dibuat prototipe uji coba generator homopolar dengan menambahkan plat ferromagnetik pada kutub magnet permanen sumber medannya, plat tersebut bisa dibuka-pasang. Pengujian dilakukan pada dua kondisi yaitu pada kondisi plat dibuka dan pada kondisi plat dipasang. Kedua hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk melihat pengaruh penambahan plat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan plat dapat menaikkan tegangan sebesar 10% dan efisiensi generator naik dari 77% menjadi 89%.

Kata kunci : generator homopolar, fluks magnetik, kutub ferro, efisiensi

## 1. PENDAHULUAN

Faraday telah menciptakan suatu generator yang dikenal dengan generator homopolar. Generator ini memiliki rotor berbentuk piringan (*disk*) yang kemudian sering disebut dengan "Disk Faraday". Generator homopolar Faraday ini dinyatakan sebagai dasar dari suatu dasar pembangkitan energi bebas (*free energy*), yang pada kondisi tertentu, energi listrik keluaran tidak dicerminkan oleh energi mekanik sumber (*the Faraday homopolar generator has been claimed to provide a basis for so-called "free-energy" generation, in that under certain conditions the extraction of electrical output energy is not reflected as a corresponding mechanical load to the driving source*)<sup>[1]</sup>.

Generator homopolar yang telah dikembangkan para peneliti saat ini telah mampu menghasilkan daya keluaran lebih 250 % jika dibanding dengan jumlah daya masukan poros dan eksitasi medannya<sup>[1]</sup>. Paramahansa Tewari juga mengembangkan generator homopolar dari jenis generator asiklis yang kemudian dikenal dengan nama *Space Power Generator* atau *Generator Daya Ruang*. Generator ini mempunyai karakteristik memiliki tegangan yang rendah namun arus yang dihasilkan tinggi<sup>[2][3]</sup>.

Masalah utama yang terdapat pada generator homopolar adalah tegangan keluarannya rendah. Salah satu penyebab rendahnya tegangan keluaran tersebut adalah adanya reduksi fluks medan magnet yang menembus piringan armatur oleh fluks yang dibangkitkan arus beban pada piringan armatur, terutama pada generator homopolar yang menggunakan sumber medan utama dari magnet permanen. Solusi yang dapat dilakukan untuk

menghindari reduksi tersebut adalah menambahkan plat ferromagnetik pada kutub medan utama (kutub magnet permanen). Dengan plat tersebut, diharapkan fluks medan dari arus beban bersirkulasi pada plat dan tidak mereduksi medan utama.

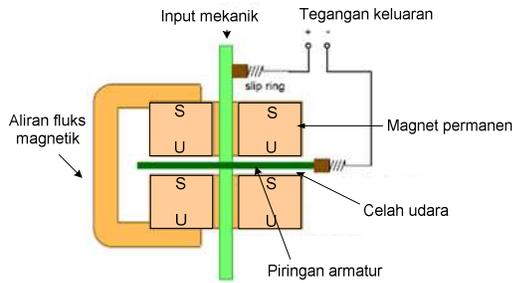
Untuk menguji solusi di atas, perlu didesain dan dibuat generator homopolar dengan menambahkan plat ferromagnetik pada kutub magnet permanen sumber medannya. Generator dibuat tersebut diberi nama *Generator Homopolar Magnet Permanen Kutub Ferro*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

#### 2.1.1 Dasar Generator homopolar

Tegangan yang diinduksikan pada jangkar mesin konvensional umumnya adalah tegangan bolak-balik, baik itu pada mesin AC maupun mesin DC, sehingga untuk mendapatkan keluaran berupa tegangan DC digunakan penyearah baik secara mekanik (sikat komutator) maupun secara elektronik. Namun pada mesin homopolar tegangan yang terinduksi pada jangkar adalah tegangan DC langsung, sehingga tidak perlu lagi digunakan penyearah. Skema dasar generator homopolar diperlihatkan pada gambar 1. berikut:



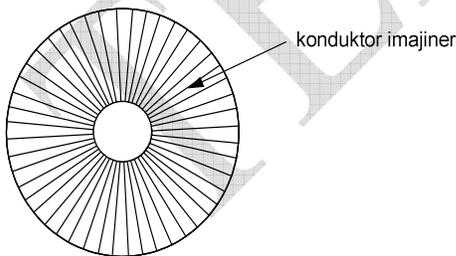
Gambar 1. Model dasar generator homopolar

Pada generator homopolar ini, armaturnya berbentuk piringan yang terbuat dari bahan konduktor, yang ditempatkan dalam suatu fluks magnet yang bersifat *homogen*. Fluks magnet ini diperoleh dari dua buah magnet permanen yang mengapit armatur atau dari sebuah kumparan konsentris terhadap poros yang dialiri arus untuk membangkitkan fluks magnetiknya. Selanjutnya fluks magnet itu akan menembus piringan armatur dan akan bersirkulasi melalui jalur fluks magnetik membentuk loop tertutup<sup>[9]</sup>.

2.1.2 Dasar Pembangkitan Tegangan pada Generator Homopolar Piringan

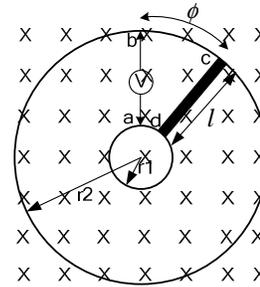
Piringan konduktor yang digunakan dalam generator homopolar dapat diasumsikan sebagai kumpulan batang konduktor yang tersusun paralel secara radial membentuk piringan seperti terlihat pada gambar 2. Dimana antara konduktor yang satu dengan yang lainnya saling berhubungan<sup>[4]</sup>.

Jika piringan armatur diputar maka konduktor pada piringan akan memotong fluks medan stator *B* dengan kecepatan *v* (lihat gambar 3), sehingga perpotongan tersebut akan menyebabkan perubahan fluks di sekitar konduktor, akibatnya pada sisi bagian dalam piringan dan bagian tepi luarnya akan menghasilkan beda potensial.



Gambar 2. Piringan armatur generator homopolar yang dimodelkan sebagai batang paralel<sup>[4]</sup>

Dengan mengasumsikan rapat medan pada celah udara homogen dan arah medan pada celah udara sama, maka besar dan polaritas tegangan yang terbangkit setiap saat akan selalu sama pada setiap batang konduktor. Polaritas yang sama tersebut akan menjadikan generator homopolar membangkitkan tegangan searah secara langsung.



Gambar 3. Pembangkitan tegangan pada piringan armatur

Pada gambar 3, jika piringan yang diwakili oleh batang konduktor dengan panjang *l* diputar searah jarum jam, maka akan terjadi perubahan fluks sebesar  $\frac{d\phi}{dt}$ , dan membangkitkan tegangan sebesar :  $e = \frac{d\phi}{dt}$  (1)

Persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam parameter rapat medan *B*, panjang konduktor efektif *l* dan kecepatan radial rata-rata dari konduktor:

$$e = \frac{BdA_{abcd}}{dt} \tag{2}$$

$$A_{abcd} = l(r_2 - \frac{l}{2})\theta$$

Karena jari-jari konduktor  $R = r_2 - \frac{l}{2}$ , maka:

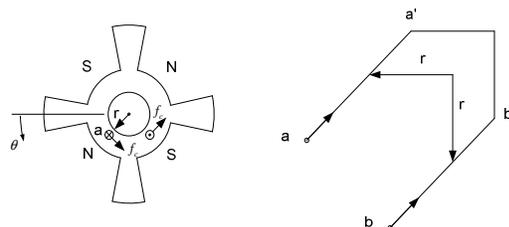
$$\begin{aligned} A_{abcd} &= lR\theta \\ e &= \frac{BlRd\theta}{dt} \\ &= Bl\omega R \end{aligned} \tag{3}$$

2.1.3 Torca Elektromagnetik pada Mesin DC

Ilustrasi torca elektromagnetik diberikan dalam gambar 4 berikut. Pada konduktor armatur a-a' dan b-b' akan gaya dibangkitkan sebesar:

$$\begin{aligned} F_c &= B(\theta)i_c \\ &= B(\theta)l \frac{I_a}{a} \end{aligned} \tag{4}$$

dimana : *i<sub>c</sub>* : arus pada konduktor belitan armatur  
*I<sub>a</sub>* : arus terminal armature  
*a* : jumlah konduktor paralel



Gambar 4. Pembangkitan torca pada Mesin DC

Torka yang dibangkitkan pada konduktor adalah:

$$T_c = F_c r$$

dan arus rata-rata yang dibangkitkan pada konduktor :

$$\overline{T_c} = \overline{B(\theta)l} \frac{I_a}{a} r$$

karena  $\overline{B(\theta)} = \frac{\phi}{A} = \frac{\phi p}{2\pi r l}$

maka :  $\overline{T_c} = \frac{\phi p I_a}{2\pi a}$  (5)

Semua konduktor pada belitan armatur membangkitkan arah torka yang sama dan berpengaruh pada torka rata-rata yang dibangkitkan oleh armatur. Maka total torka yang dibangkitkan adalah

$$\begin{aligned} T &= 2N\overline{T_c} \\ &= \frac{N\phi p}{\pi a} I_a \\ &= K_a \phi I_a \end{aligned} \quad (6)$$

Jika difungsikan sebagai motor, daya input ( $E_a I_a$ ) untuk medan magnetik oleh sistem listrik harus sebanding dengan daya mekanik ( $T\omega_m$ ) yang dibangkitkan dan ditarik dari medan oleh sistem mekanik. Sehingga jika difungsikan sebagai generator, maka :

$$\begin{aligned} E_a I_a &= K_a \phi \omega_m I_a \\ &= T \omega_m \end{aligned} \quad (7)$$

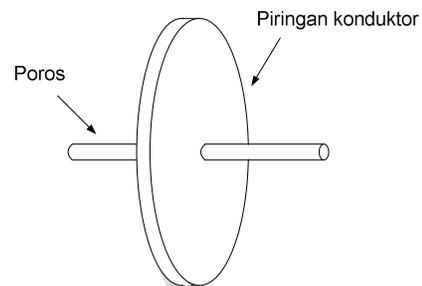
Dari persamaan tersebut didapatkan torka pada generator DC :

$$\begin{aligned} T &= \frac{E_a I_a}{\omega_m} \\ &= \frac{P}{\omega_m} \end{aligned} \quad (8)$$

## 2.2. Desain Prototipe Uji Coba Generator Homopolar Magnet Permanen Kutub Ferro

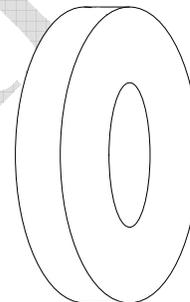
Bagian dasar dari generator homopolar sama dengan generator atau mesin listrik pada umumnya, yaitu terdiri dari bagian stator dan bagian rotor.

Namun pada generator homopolar ini, bentuk rotornya berupa plat dari bahan konduktor yang dibentuk bundar dan diberi poros pada bagian tengahnya. Untuk lebih jelas diperlihatkan gambar 5 berikut.



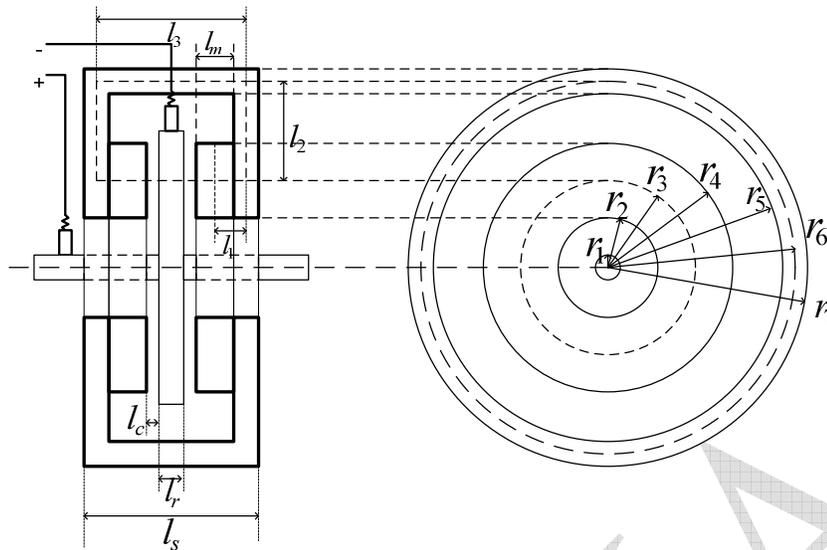
Gambar 5. Bentuk rotor generator homopolar

Sedang bagian statornya, pada generator homopolar yang dirancang ini digunakan magnet permanen sebagai sumber fluks utamanya. Bentuknya menyerupai bentuk rotor yaitu berbentuk bundar dengan lubang pada bagian tengah sebagai celah untuk melewati poros rotor sebagaimana terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Bentuk magnet permanen pada stator

Generator ini mempunyai terminal keluaran pada bagian pinggir piringan rotor dan pada bagian poros dari rotor itu sendiri. Dari bentuk rotor dan magnet permanen pada stator tersebut maka dibuat suatu bentuk generator homopolar sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 7, berikut:



Gambar 7. Penampang generator homopolar

Keterangan gambar:

- $l_s$  : panjang stator = 0.062 m
- $l_r$  : tebal rotor = 0.01 m
- $l_m$  : tebal magnet = 0.02 m
- $t_s$  : tebal selimut stator ( $r_5-r_4$ ) = 0.00 m =  $6 \times 10^{-3}$  m
- $l_c$  : lebar celah udara = 0.001 m =  $10^{-3}$  m
- $r_1$  : jari-jari poros rotor
- $r_2$  : jari-jari dalam magnet = 0.04 m
- $r_3$  : jari-jari rata-rata bagian piringan yang di lewati fluksmagnetik = 0.0595 m
- $r_4$  : jari-jari luar magnet = 0.079 m
- $r_5$  : jari-jari penampang dalam stator = 0.094 m
- $r_6$  : jari-jari rata-rata selimut stator yang dilewati fluksmagnetik = 0.097 m
- $r_7$  : jari-jari penampang luar stator = 0.1 m

**2.3. Perhitungan Parameter Prototipe Uji Coba Generator Homopolar**

Dari gambar tersebut dapat dihitung beberapa hal yang kita butuhkan dalam perhitungan, antara lain;

**2.3.1 Luas lintasan fluks pada stator**

Luas penampang efektif rotor yang ditembus oleh fluks magnet ( $A_1$ ):

$$A_1 = \pi(r_4^2 - r_2^2) \quad (9)$$

$$= \pi(0.079^2 - 0.04^2)$$

$$= 0.0145 \text{ m}^2$$

Luas lintasan fluks pada stator ( $A_2$ ), (luas sisi-sisi kutub stator,  $A_k$  + luas selimut stator  $A_s$ ):

$$A_k = ((p \times l) - \pi r_2^2) \quad (10)$$

$$= ((0.194 \times 0.194) - \pi 0.04^2)$$

$$= 0.0326 \text{ m}^2$$

$$A_s = P_s \times \text{keliling selimut} \quad (11)$$

$$= 0.054 \times (2p + 2l)$$

$$= 0.054 \times ((2 \times 0.194) + (2 \times 0.194)) \text{ cm}^2$$

$$= 0.0419 \text{ m}^2$$

jadi  $A_2 = A_k + A_s \quad (12)$

$$= 0.0326 + 0.0419 \text{ m}^2$$

$$= 0.0745 \text{ m}^2$$

**2.3.2 Reluktansi**

Untuk menghitung reluktansi pada setiap bagian lintasan medan pada generator homopolar digunakan persamaan:

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A} \quad \text{A-lilitan/weber} \quad (13)$$

dan  $\mu = \mu_0 \mu_r$

di mana :

$\mu_0$  : permeabilitas udara ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ H / m}$ )

$\mu_r$  : permeabilitas bahan ( $\mu_r$  besi =5000,

$\mu_r$  tembaga =0.99)

• **Reluktansi total pada stator:**

Besarnya reluktansi pada stator dari generator homopolar dapat dihitung dengan:

$$\mathfrak{R}_s = \frac{l_{stator}}{\mu A_2} \quad (14)$$

Terlebih dahulu kita cari panjang lintasan fluks pada stator, dimana;

$$\begin{aligned} l_{stator} &= 2\left(r_7 - \left(\frac{r_7 - r_5}{2}\right)\right) + 2\left(\frac{r_7 - r_5}{2}\right) \\ &= 2\left(0.1 - \left(\frac{0.1 - 0.094}{2}\right)\right) + 2\left(\frac{0.1 - 0.094}{2}\right) \text{ m} \\ &= 0.2 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka reluktansi total pada stator:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_s &= \frac{l_{stator}}{\mu_0 \mu_{r(\text{besi})} A_2} \\ \mathfrak{R}_s &= \frac{0.2}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 5000 \times 0.0745} \\ &= 427.262 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

#### • Reluktansi celah udara

Karena penampang celah udara dianggap sama dengan penampang kutub medan, maka dapat dihitung reluktansi celah udara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_c &= \frac{l_c}{\mu_0 A_1} \quad (15) \\ \mathfrak{R}_c &= \frac{10^{-3}}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 0.0145} \\ &= 54881.0148 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

#### • Reluktansi pada rotor

Sama dengan celah udara, luas penampang rotor yang dilewati oleh fluks magnetik diasumsikan sama dengan luas penampang kutub medan, sehingga reluktansi rotor adalah:

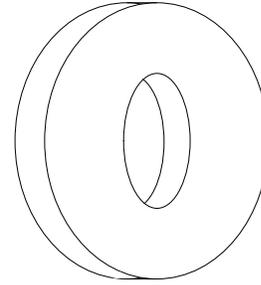
$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_r &= \frac{l_r}{\mu_0 \mu_{r(\text{tembaga})} A_1} \quad (16) \\ \mathfrak{R}_r &= \frac{0.01}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 0.99 \times 0.0145} \\ &= 554353.685 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat diketahui reluktansi total pada generator homopolar sebelum ditambahkan plat ferromagnetik yaitu:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_{total} &= \mathfrak{R}_s + 2\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_r \quad (17) \\ \mathfrak{R}_{total} &= 427.262 + 2(5881.015) + 554353.685 \\ &= 566542977 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

#### 2.4. Desain Plat Ferromagnetik

Plat ferromagnetik dibuat seperti gambar 8. Tebal plat yang digunakan 5 mm dan dimensi lainnya sama dengan dimensi magnet permanen sumber medan utama generator.



Gambar 8 . Bentuk plat ferromagnetik

Karena luas penampang ferromagnetik sama dengan luas  $A_1$ , maka luas penampang plat ferromagnetik dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} A_f &= A_1 = \pi(r_4^2 - r_2^2) \quad (18) \\ &= 0.0145 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

dengan reluktansi plat ferromagnetik besar:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_f &= \frac{l_f}{\mu A_f} \quad (19) \\ \mathfrak{R}_f &= \frac{0.01}{(4\pi \times 10^{-7}) \times 5000 \times 0.0145} \\ &= 109.762 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

Sehingga untuk generator homopolar yang telah ditambahkan plat ferromagnetik pada kedua sisi armaturnya memiliki reluktansi total sebesar:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_{total} &= \mathfrak{R}_s + 2\mathfrak{R}_f + 2\mathfrak{R}_c + \mathfrak{R}_r \quad (20) \\ &= 427.262 + 2(109.762) + 2(5881.015) \\ &\quad + 554353.685 \\ &= 566762.501 \text{ A-lilitan/weber} \end{aligned}$$

#### 2.5. Pengujian Generator Homopolar Magnet Permanen Kutub Ferro

Untuk mendapatkan karakteristik dari generator homopolar khususnya mengenai karakteristik torkanya, maka dilakukan berbagai pengujian. Pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap generator homopolar adalah sebagai berikut:

##### 2.5.1 Pengujian tanpa beban

Pengujian tanpa beban yang pertama adalah untuk mengetahui konsumsi daya atau daya input generator homopolar. Pengujian dilakukan dengan menjalankan motor penggerak dengan keadaan tanpa dikopel dengan generator homopolar, kemudian dibandingkan dengan pengujian dengan mengkopel motor penggerak dengan generator homopolar. Dengan demikian akan diperoleh daya input generator homopolar

##### 2.5.2 Pengujian berbeban

Pada pengujian berbeban, generator homopolar dibebani dengan beban resistif variabel dengan tahanan maksimum beban sebesar 47  $\Omega$ .

Kemudian generator digerakkan dengan variasi sebagai berikut:

- Kecepatan konstan 900 rpm dan beban divariasikan
- Beban konstan 47 Ω dan kecepatan divariasikan

Pengujian ini dilakukan untuk kondisi tanpa penambahan plat ferromagnetik dan dengan penambahan plat ferromagnetik pada kutub medan generator homopolar. Dari pengujian ini diukur besar arus dan tegangan masukan motor penggerak serta arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator homopolar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe uji coba generator homopolar magnet permanen kutub ferro diperlihatkan dalam foto 1 dan 1 berikut. Foto 1 memperlihatkan bagian dalam generator pada kondisi plat ferro dibuka dan foto 2 memperlihatkan bagian dalam generator pada kondisi plat ferro dipasang.



Foto 1. Generator homopolar magnet permanen kutub ferro pada kondisi plat ferro dibuka



Foto 2. Generator homopolar magnet permanen kutub ferro pada kondisi plat ferro dipasang

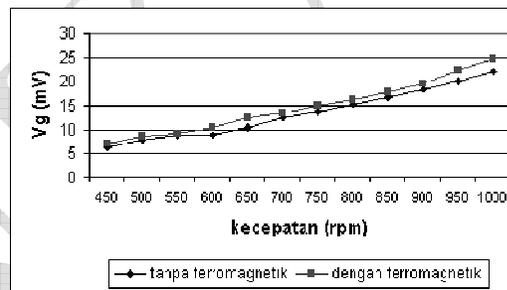
Sebagai penggerak generator homopolar, digunakan motor DC shunt dengan parameter  $R_a = 6 \Omega$  dan  $R_f = 265 \Omega$ . Pengaturan kecepatan dilakukan dengan memvariasikan tegangan masukan motor. Dalam pengujian ini diukur arus dan tegangan masukan motor serta arus dan tegangan keluaran generator homopolar, dengan kondisi sebelum dan sesudah ditambahkan plat ferromagnetik pada kutub medan stator.

### 3.1. Karakteristik Tegangan Keluaran Generator Homopolar

Karakteristik tegangan keluaran generator homopolar dapat diketahui dengan melakukan pengujian untuk beban bervariasi pada kecepatan konstan, serta kecepatan bervariasi dengan beban konstan.

#### 3.1.1 Karakteristik Tegangan Pada Kecepatan Variabel

Dalam pengujian karakteristik tegangan pada kecepatan variabel, generator dibebani 47 Ohm. Pembebanan ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh arus beban terhadap tegangan output pada berbagai tingkat kecepatan. Dari data hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menaikkan putaran, maka tegangan keluaran generator homopolar juga akan semakin naik. Grafik pengaruh kecepatan terhadap pembangkitan ggl dapat dilihat pada Gambar 9.

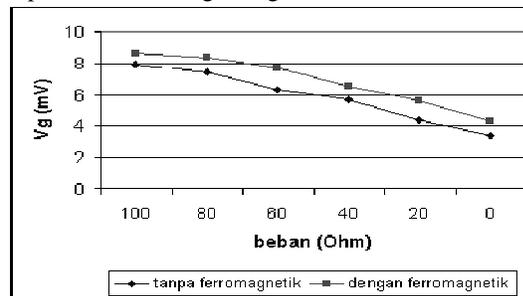


Gambar 9. Karakteristik Tegangan Terhadap kecepatan

Pada grafik gambar 9 juga terlihat tegangan generator pada kondisi plat ferro dipasang lebih besar daripada pada kondisi tanpa plat ferronya. penambahan plat dapat menaikkan tegangan sebesar 10% dari tegangan generator tanpa plat ferro.

#### 3.1.2 Karakteristik Tegangan Terhadap Beban Variabel Pada Kecepatan Konstan

Dari data pengujian pada kecepatan 900 rpm, terlihat bahwa dengan semakin besar beban, maka tegangan keluaran generator akan semakin turun. Ini sama dengan pengaruh pembebanan pada generator pada umumnya, dimana penambahan beban menyebabkan penurunan tegangan keluaran. Grafik penurunan tegangan akibat pembebanan dapat dilihat dalam grafik gambar 10.



Gambar 10. Karakteristik Tegangan Terhadap Beban

Pada grafik gambar 10 juga terlihat tegangan generator pada kondisi plat ferro dipasang lebih besar daripada pada kondisi tanpa plat ferronya. Ada kecenderungan bahwa makin besar beban maka selisih tegangan antara kedua kondisi semakin besar. Ini menunjukkan bahwa penambahan plat ferro pada kutub medan generator berhasil mengurangi reduksi medan utama akibat adanya arus beban. Pada beban awal (kecil) selisih tegangan hanya mencapai 8%, namun setelah beban ditambah 5 kali lipat selisih tegangan bisa mencapai 27%. Dengan kata lain penambahan plat ferro bisa memperbaiki regulasi tegangan generator.

### 3.2. Daya Generator Homopolar

Untuk mengetahui daya input-output generator dilakukan percobaan pengujian beban nol dan berbeban

Kondisi motor sebelum dikopel dengan generator homopolar:

$$\begin{aligned} V &= 175.2 \text{ volt} \\ I &= 1.08 \text{ Ampere} \\ P &= V \times I \\ &= 175.2 \times 1.08 \\ &= 189.22 \text{ Watt} \\ I_f &= 0.64 \text{ Ampere} \\ I_a &= I - I_f \\ &= 1.08 - 0.64 \\ &= 0.44 \text{ Ampere} \\ n &= 600 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Kondisi motor setelah dikopel dengan generator homopolar dengan kecepatan tetap 600 rpm:

$$\begin{aligned} V &= 173.2 \text{ volt} \\ I &= 1.23 \text{ Ampere} \\ P &= V \times I \\ &= 173.2 \times 1.21 \\ &= 209.57 \text{ Watt} \\ I_f &= 0.63 \text{ Ampere} \\ I_a &= I - I_f \\ &= 1.23 - 0.63 \\ &= 0.6 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Maka daya input generator homopolar tanpa beban adalah:

$$\begin{aligned} P_{in} &= \Delta P - \Delta I_a^2 \times R_a \\ &= (209.57 - 189.22) - (0.6 - 0.44)^2 \times 6 \\ &= 20.35 - 0.162 \times 6 \\ &= 20.35 - 0.15 \\ &= 20.2 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya input generator homopolar berbeban adalah selisih antara daya input motor dalam kondisi berbeban dikurangi dengan kondisi tanpa beban dikurangi rugi-rugi pada motor.

Pada beban 47  $\Omega$ ,

$$\begin{aligned} V &= 173.1 \text{ volt} \\ I &= 1.22 \text{ A} \\ P_{in} &= 211.18 \text{ Watt} \\ I_f &= 0.6 \\ I_a &= I - I_f \\ &= 1.22 - 0.6 \\ &= 0.62 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Rugi-rugi motor} = (0.62 - 0.6)^2 \times 6$$

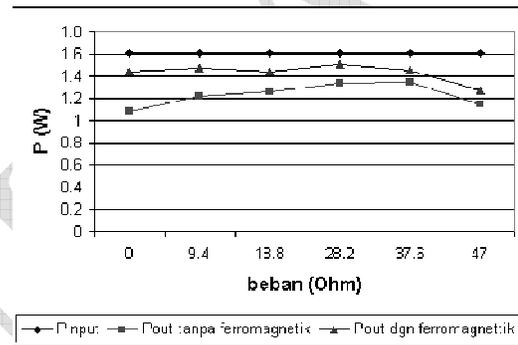
$$= 0.0024 \text{ Watt}$$

Maka daya generator homopolar pada saat berbeban adalah

$$\begin{aligned} P_{in(\text{berbeban})} &= 211.18 - (209.57 + 0.0024) \\ &= 1.6076 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari pengujian didapatkan bahwa pada saat pembebanan, besar arus dan tegangan motor cenderung konstan. Hal ini disebabkan oleh desain dari generator homopolar yang pada setiap titik dari piringan rotor mendapatkan pengaruh fluks magnet yang sama dari magnet permanen. Sehingga tidak ada perubahan kuat medan yang dirasakan oleh piringan rotor.

Grafik daya input-output generator homopolar pada dua kondisi, dengan plat ferro dan tanpa plat ferro dapat dilihat pada gambar 11



**Gambar 11.** Hubungan antara tahanan beban dengan daya input dan output generator homopolar

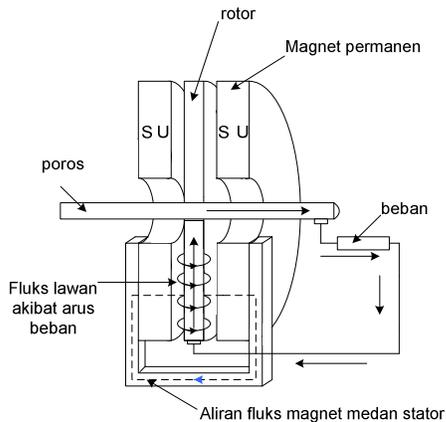
Pada Gambar 11 terlihat bahwa pada kedua kondisi generator, konsumsi daya input masih lebih besar jika dibandingkan dengan daya output generator homopolar. Namun pada kondisi diberi plat ferro daya output generator lebih besar dari kondisi tanpa plat ferro. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan plat ferro pada kutub medan generator homopolar magnet permanen dapat meningkatkan efisiensi generator. Dari data hasil pengujian menunjukkan efisiensi generator naik dari 77% pada kondisi tanpa plat ferro menjadi 89% pada kondisi plat ferro dipasang.

### 3.3. Pengaruh Penambahan Plat Ferro Terhadap kinerja Generator Homopolar magnet permanen

Pada kondisi normal, fluks magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen sebagai sumber medan utama akan bergerak dari kutub utara ke kutub selatan. Pada generator homopolar fluks magnet tersebut akan bergerak dari kutub medan magnet utara menembus piringan rotor, lalu ke kutub selatan magnet berikutnya dan bersirkulasi melalui selimut stator.

Akibat adanya fluks magnet yang menembus piringan rotor tersebut, maka pada piringan itu akan dibangkitkan *ggl*. Dan jika terminal keluaran generator homopolar dihubungkan ke beban maka akan mengalir arus. Arus pada konduktor piringan armatur tersebut akan menimbulkan fluks pada

celah udara yang sifatnya melawan fluks medan utama, lihat gambar 12. Kondisi ini akan meningkatkan torka elektromagnetik generator yang berpengaruh pada konsumsi daya masukan generator.

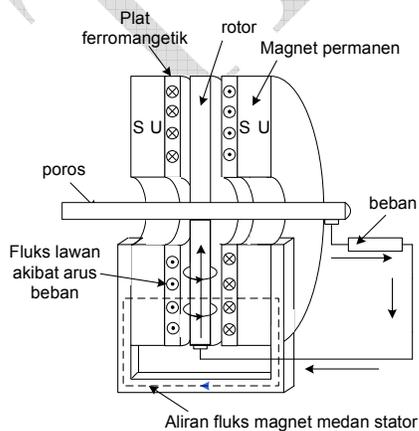


**Gambar 12.** Aliran fluks pada generator homopolar sebelum ditambahkan ferromagnetik

Penambahan plat ferromagnetik pada kutub-kutub magnet permanen yang berhadapan dengan piringan rotor, akan menyebabkan garis gaya magnet akibat arus beban dapat diarahkan langsung ke plat ferromagnetik. Sehingga garis gaya magnet yang bersirkulasi pada piringan konduktor dan celah udara dapat dikurangi, fluks tersebut akan cenderung bersirkulasi pada plat ferromagnetik seperti terlihat pada gambar 13.

Dengan berkurangnya fluks magnet dari arus beban dalam celah udara, memberikan efek:

1. Reduksi medan utama bisa berkurang sehingga tegangan akan menjadi lebih besar pada kondisi medan dan kecepatan yang sama sebelum ada penambahan plat.
2. Torka elektromagnetik generator berkurang sehingga daya input generator akan lebih rendah untuk suatu daya output yang sama sebelum ada penambahan plat. Dengan demikian efisiensi generato bisa meningkat



**Gambar 13.** Aliran fluks pada generator homopolar setelah ditambahkan ferromagnetik

## 4. SIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Simpulan

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan plat pada kutub medan generator homopolar magnet permanen dapat menaikkan tegangan sebesar 10% dari tegangan generator tanpa plat ferro.
2. Penambahan plat ferro pada kutub medan generator homopolar magnet permanen dapat meningkatkan efisiensi generator. Dari data hasil pengujian menunjukkan efisiensi generator naik dari 77% pada kondisi tanpa plat ferro menjadi 89% pada kondisi plat ferro dipasang. Dengan penambahan plat ferro pada kutub magnet permanen efisiensi generator naik dari 77% menjadi 89%.

### 4.2. Saran

Dalam rancangan ini, tegangan dan arus keluaran yang terukur masih kecil. Oleh karena itu perlu di desain dan dibuat dengan kapasitas yang lebih besar

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kincheloe. Robert *Homopolar "Free-Energy" Generator Test*, Paper presented at the 1986 meeting of the Society for Scientific Exploration, San Francisco, [rexresearch.com](http://www.rexresearch.com), June 21, 1986
- [2]. DePalma.E .Bruce, *Extraction of Electrical Energy Directly from Space: The N-Machine*, [rexresearch.com](http://www.rexresearch.com), 1979
- [3]. Paramahansa Tewari, *Space Energy Generator*, [rexresearch.com](http://www.rexresearch.com),1998
- [4]. Pawawoi, Andi. D.S. Irawati, *Perancangan Armatur Generator Homopolar Reluktansi Rendah untuk Meningkatkan Tegangan Keluaran*, Padang, 2005
- [5]. Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*. ITB Bandung, 1977
- [6]. A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr, Stephen D. Umans, *Electric Machines*, Mc. Graw Hill, Inc. 1983

## BIODATA

Penulis adalah staf pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Lulus Program Sarjana tahun 1996 pada Bidang Teknik Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2002 menyelesaikan studi program magister bidang Konversi Energi Elektrik di ITB Bandung  
E-mail :

[andiwawo234@yahoo.com](mailto:andiwawo234@yahoo.com);

[andi\\_wawo@ft.unand.ac.id](mailto:andi_wawo@ft.unand.ac.id)