

## PENGARUH MAGNET PERMANEN SEBAGAI PENGUAT MEDAN MAGNET PADA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

**Teguh Harijono Mulud**

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang

E-mail : teguh\_hm@yahoo.co.id

### Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh generator magnet permanen dengan variasi jumlah kutub. Pembangkit – pembangkit kecil atau generator dengan spesifikasi yang rendah biasanya kesulitan dalam arus penguatan medan magnet, generator magnet permanen merupakan suatu solusi untuk mengatasi hal tersebut. Metode yang digunakan adalah memodifikasi bagian penguat medan magnet generator menggunakan magnet permanen. Hasil uji coba tanpa beban untuk 2 kutub menghasilkan tegangan tertinggi 37 Volt pada putaran 2900 rpm, untuk 6 kutub menghasilkan tegangan tertinggi 57 Volt pada putaran 2900 rpm. Pengujian berbeban untuk jumlah kutub 2 buah dengan tahanan beban 25 Ohm menghasilkan arus terbesar 0.56 Ampere pada tegangan 25 Volt, untuk jumlah kutub 6 buah menghasilkan arus terbesar 1.36 Ampere pada tegangan 36 Volt.*

**Kata kunci :** generator, magnet permanen, 2 kutub, 6 kutub.

### PENDAHULUAN

Krisis energi yang melanda Indonesia, khususnya energi listrik memaksa berbagai pihak untuk mencari solusi. Banyak penelitian dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif selain dari minyak bumi dan batu bara. Pemanfaatan energi matahari, angin dan air banyak dilakukan baik dalam skala kecil maupun besar untuk pembangkit tenaga listrik. Pada penggunaan kincir angin atau kincir air untuk pembangkit listrik dibutuhkan generator low speed tanpa energi listrik awal. Penelitian mengenai generator magnet permanen (PMG) untuk pembangkit listrik tenaga angin mulai banyak dilakukan. Jenis magnet yang digunakan dalam penelitian umumnya adalah *Ferromagnetik*.

Turbin angin saat ini putarannya bervariasi antara 20 - 250 rpm (rotasi per menit) sedangkan kecepatan generator sebagian besar berkisar antara 750 rpm - 1800 rpm sehingga diperlukan *gear* untuk menyesuaikan putaran turbin dan generator. Perancangan mengenai sistem pembangkit listrik memanfaatkan magnet permanen ini diterapkan beberapa rumusan masalah yang akan membantu mempermudah dalam melakukan pembuatan sehingga mengetahui sebab akibat sebuah kejadian yang diamati. Adapun rumusan masalah yang diterapkan adalah:

1. Bagaimana mengetahui sifat magnet permanen dengan mengamati flux magnet serta kekuatannya yang ditimbulkan dari material magnet yang digunakan, sehingga menemukan konsep penempatan magnet menghasilkan gaya tarik dan tolak paling kuat dan pada akhirnya menghasilkan torsi paling tinggi. (Martin A. Plonus, 1978)
2. Bagaimana mendapatkan nilai arus dan tegangan keluaran yang optimal yang sesuai dengan kapasitas generator pencatu ulang (charger) maupun generator utama (primer).
3. Bagaimana menjadikan hasil perancangan akhir yang bersifat mudah dioperasikan, handal dan ekonomi.

### LANDASAN TEORI

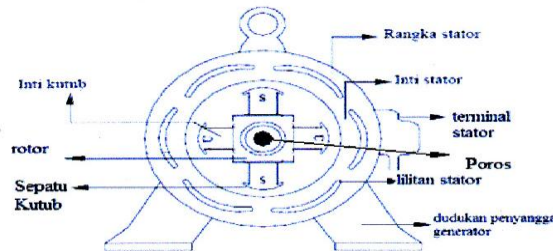
Jika terdapat fluksi magnet yang berubah - ubah melingkupi sebuah penghantar maka akan terdapat pengaruh listrik maupun pengaruh mekanik. Prinsip generator adalah sebuah penghantar bergerak didalam medan magnet sehingga akan menimbulkan gaya gerak listrik didalam penghantar tersebut.

Dilihat dari aliran arus yang dikeluarkan, dapat dibedakan menjadi 2 :

1. Generator arus searah (*Direct Current / DC*)

2. Generator arus bolak-balik (*Alternating Current / AC*)

Generator AC 3 fasa mempunyai belitan jangkar yang setiap fasanya tidak terhubung dengan fasa lainnya, antara 1 fasa dengan yang lainnya mempunyai beda fasa sebesar 120°listrik.



Gb.1. Kontruksi Generator AC

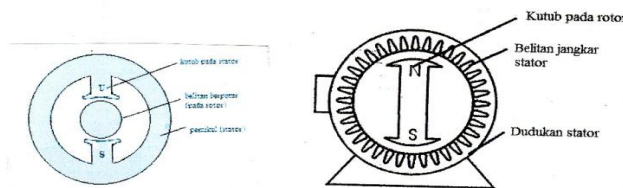
Kontruksi generator terdiri dari stator, rotor, celah udara, sepatu kutup, terminal stator serta bagian - bagian lain terdiri dari generator AC antara lain kutub dan lilitan stator

**Penguatan Medan**

Penguatan medan adalah suatu sistem yang dapat menghasilkan medan magnet dengan pengaruh dari luar sistem maupun dari dalam sistem itu sendiri. Dilihat dari penguatan medan, generator terbagi atas dua jenis generator dengan penguat terpisah dan Generator dengan penguat sendiri

**Letak Kutub Generator**

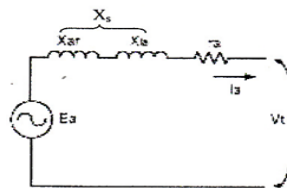
Berdasarkan letak kutubnya, generator sinkron dapat dibedakan menjadi 2 macam Generator sinkron kutub luar dan Generator sinkron kutub dalam



GB.2. Generator Kutub Luar Dan Kutub Dalam

Kelebihan generator kutub dalam dapat menghasilkan tegangan besar. Tegangan yang terbentuk dapat secara langsung diambil dari lilitan jangkar pada statornya.

**Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron**



GB.3. Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

dimana :  $E_a$  = Tegangan induksi (Volt)

$V_t$  = Tegangan terminal generator (Volt)

$r_a$  = Tahanan jangkar (Ohm)

$X_{ar}$  = Reaktansi reaksi jangkar (Ohm)

$X_{la}$  = Reaktansi bocor belitan jangkar(Ohm)

$I_a$  = Arus jangkar (Ampere)

Berdasarkan Gambar maka dapat ditulis persamaan tegangan induksi  $E_a$  generator sinkron seperti berikut :

$$E_a = V_t + jX_{ar} I_a + jX_{la} I_a + r_a I_a \quad [\text{volt}]$$

Dan persamaan tegangan terminal  $V_t$  generator sinkron dapat ditulis seperti berikut :

$$V_t = E_a - jX_{ar} I_a - jX_{la} I_a - r_a I_a \quad [\text{volt}]$$

Dengan menyatakan reaktansi reaksi jangkar dan reaktansi fluk bocor sebagai reaktansi sinkron, atau  $X_s = X_{ar} + X_{la}$  dapat dilihat pada gambar, maka persamaan tegangan terminal menjadi :

$$V_t = E_a - jX_s I_a - I_a r_a \quad [\text{volt}]$$

Komponen utama generator magnet permanen adalah motor listrik, rotor, stator, poros, sepatu kutub dan rangka. Langkah pengujian gerator magnet permanen adalah :

1. Generator dihubungkan dengan motor listrik sebagai penggerak mula dengan sebuah poros, putaran motor diteruskan ke generator melalui kopling dan rotor generator berputar sehingga membangkitkan energy listrik
2. Generator diberi beban berupa tahanan geser sehingga diperoleh parameter tegangan, arus dan putaran generator.



GB.4. Blok Diagram Pengujian Generator Magnet Permanen

Keterangan :

M= Motor listrik 1 fasa sebagaipenggerak mula.

G= Generator AC 1 fasa magnet permanen dengan variasi jumlah kutub .

L= Load/ Beban (Tahanan geser). (Ohm)

$P_{in}$  = Daya input generator. (Watt)

$P_{out}$  = Daya output generator. (Watt)

$P_{inp} = V.I.Cos \phi$  Watt(Daya Motor);  $P_{out} = V.I.Cos \phi$  (DayaGenerator)

#### Peralatan Pengujian.

1. Generator magnet permanen.
2. Motor listrik
3. Tahanan beban resistif.
4. Instrumen, amper meter, volt meter, tacho meter, multimeter, kabel, slide regulator, tahananger

#### Langkah Pengujian beban kosong

- a. Magnet permanen rotor menggunakan 2 kutub. Setelah motor dijalankan, selanjutnya mengatur putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* pada putaran (350, 700, 1050, 1400, 1750, 2100 dan 2400) rpm dilakukan secara bertahap.
- b. Pada pengujian beban kosong generator tidak dibebani dengan tahanan
- c. Pada setiap kenaikan putaran motor, tegangan (V), arus (I) dan putaran (rpm) dicatat. Tegangan motor diatur oleh *slide regulator* dan tidak boleh melebihi tegangan nominal yang tertera pada *name plate*.
- d. Menurunkan putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* kemudian mematikan motor.
- e. Mengganti magnet permanen dengan menggunakan 6 kutub. Menjalankan kembali motor listrik, selanjutnya mengatur putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* pada putaran (350, 700, 1050, 1400, 1750, 2100, 2400) rpm secara bertahap. *f* Pada setiap kenaikan putaran motor, tegangan (V), arus (I) dan putaran (rpm) dicatat. Tegangan motor diatur oleh *slide regulator* dan tidak boleh melebihi tegangan nominal yang tertera pada *name plate*.
- f. Menurunkan putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* kemudian mematikan motor.

#### Pengujian berbeban padaTegangan Konstan

- a. Magnet permanen rotor menggunakan 2 kutub. Setelah motor dijalankan, Mengatur tegangan yang dihasilkan generator dengan menggunakan *slide regulator* sampai pada

- tegangan generator 7 Volt kemudian dibuat konstan selama pengujian.
- Pada percobaan berbeban ini generator diuji dengan menggunakan tahanan geser.
  - Membebani generator menggunakan tahanan geser dengan mengubah nilai tahanan dari (75, 65, 55, 45, 35, 25, 15) Ohm dilakukan secara bertahap.
  - Pada setiap penurunan nilai tahanan, tegangan (V), arus (I) dan putaran (Rpm) dicatat.
  - Mengulangi langkah pengujian dari (a - d) dengan tegangan yang dihasilkan yang dibuat konstan adalah 14, dan 25 Volt dilakukan secara bertahap dengan tegangan diatur menggunakan *slide regulator*.
  - Menurunkan putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* kemudian mematikan motor. generator 7 Volt kemudian dibuat konstan selama pengujian dengan mengatur *slide regulator*.
  - Mengulangi langkah pengujian dari (c - e)
  - Menurunkan putaran motor dengan menggunakan *slide regulator* kemudian mematikan motor.

Data pengujian generator beban kosong

Tabel 1. Beban Kosong					Tabel 2. Berbeban tegangan konstan 7 volt								
Putaran (rpm)	Tegangan (V)		Arus Input Motor	Pinput Motor (Watt)	Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Vin (M)	Arus (A)		Cos $\phi$		Put (rpm)	Pinput (watt)
	Input mtr	Output mtr						Input Mtr	Out Gen	Inpt Mtr	Out Gen		
350	33	4	4,8	145	7	75	39	5.1	0.09	0.96	1	507	190
700	36	8,9	4,9	150	7	65	39	5.1	0.10	0.96	1	540	190
1050	36	13,5	5,2	160	7	55	39	5.1	0.16	0.96	1	564	190
1400	36	18	5,2	170	7	45	39	5.2	0.17	0.94	1	564	190
1750	48	23	4,2	85	7	35	39	5.4	0.21	0.93	1	570	195
2100	45	27,2	2,4	80	7	25	42	5.8	0.30	0.90	1	577	220
2400	57	31,1	2,4	80	7	15	42	5.9	0.48	0.91	1	605	225
2900	117	37,2	1,5	85	7								

**Tabel 3. Berbeban tegangan konstan 14 volt**

Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Vin (M)	Arus (A)		Cos $\phi$		Put (rpm)	P input (watt)
			Input Mtr	Out Gen	Input Mtr	Out Gen		
14	75	43	5.4	0.19	0.97	1	1114	220
14	65	45	5.5	0.22	0.89	1	1123	220
14	55	45	5.5	0.26	0.91	1	1127	225
14	45	48	5.6	0.33	0.91	1	1139	245
14	35	48	5.6	0.41	0.93	1	1195	250
14	25	45	6.0	0.57	0.93	1	1201	250
14	15	51	6.5	0.92	0.90	1	1319	300

**Tabel 4. Berbeban tegangan konstan 25 volt**

Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Vin (M)	Arus (A)		Cos $\phi$		Put (rpm)	P input (watt)
			Input Mtr	Out Gen	Input Mtr	Out Gen		
25	75	45	5.2	0.15	0.94	0.99	2019	220
25	65	45	5.7	0.19	0.86	0.99	2049	220
25	55	48	5.7	0.23	0.84	0.99	2136	230
25	45	48	5.8	0.27	0.86	0.99	2153	240
25	35	51	6.0	0.36	0.85	0.98	2170	260
25	25	54	6.4	0.56	0.80	0.98	2383	275
25	15	-	-	-	-	-	-	-

**PEMBAHASAN**

**Generator kutub 2 berbeban Dengan Tegangan Output Konstan**

1. Tegangan output konstan 7 Volt untuk R = 75 Ohm.

$$V_{in} = 39 \text{ Volt. } V_{out} = 7 \text{ Volt. } I_{in} = 5.1 \text{ Amp } I_{out} = 0.09 \text{ Ampere.}$$

$$P_{in} = 190 \text{ Watt.}$$

Menghitung Daya output berdasarkan

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \times \cos \phi = 7 \text{ Volt} \times 0.09 \text{ Ampere} \times 1 = 0.63 \text{ Watt.}$$

2. Tegangan output konstan 14 Volt untuk R = 75 Ohm.

$$V_{in} = 42 \text{ Volt. } V_{out} = 14 \text{ Volt. } I_{in} = 5.4 \text{ Ampere. } I_{out} = 0.1 \text{ Ampere.}$$

$$P_{in} = 220 \text{ Watt.}$$

Menghitung Daya output berdasarkan:

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \times \cos \phi = 14 \text{ Volt} \times 0.19 \text{ Ampere} \times 1 = 2.66 \text{ Watt.}$$

3. Tegangan output konstan 25 Volt untuk R = 75 Ohm.

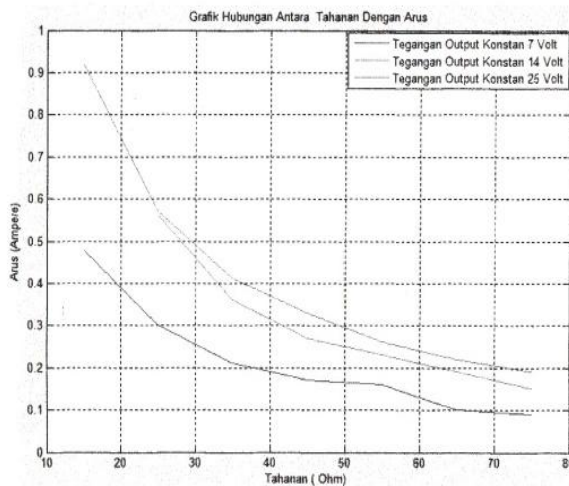
$$V_{in} = 45 \text{ Volt. } V_{out} = 25 \text{ Volt. } I_{in} = 5.2 \text{ Ampere. } I_{out} = 0.15 \text{ Ampere.}$$

$$P_{in} = 220 \text{ Watt.}$$

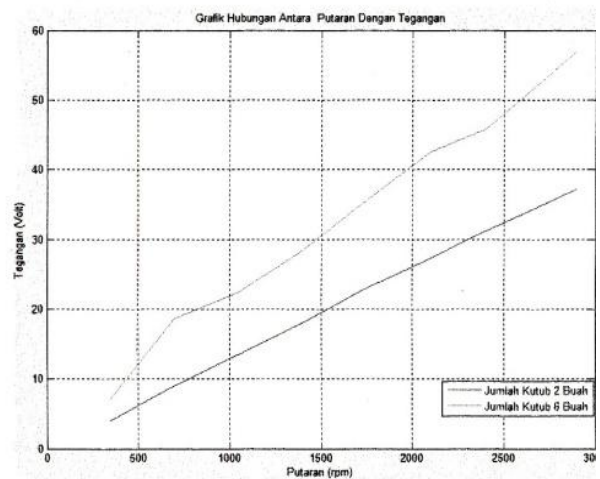
Menghitung Daya output berdasarkan :

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \times \cos \phi = 25 \text{ Volt} \times 0.15 \text{ Ampere} \times 0.99 = 3.71 \text{ Watt.}$$

Tabel 5. Berbeban tegangan konstan 7 volt					Tabel 6. Berbeban tegangan konstan 14 volt					Tabel 7. Berbeban tegangan konstan 25 volt				
Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Daya (P)		Put (rpm)	Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Daya (P)		Put (rpm)	Teg Out (V)	R Beban (ohm)	Daya (P)		Put (rpm)
		Input motor	Out Gen				Input mtr	Out Gen				Input mtr	Out Gen	
7	75	190	0.63	507	14	75	220	2.66	230.4	25	75	220	3.75	2019
7	65	190	0.70	540	14	65	220	3.08	230.4	25	65	220	4.75	2049
7	55	190	1.12	564	14	55	225	3.64	230.4	25	55	230	5.75	2136
7	45	190	1.19	564	14	45	245	4.62	230.4	25	45	240	6.75	2153
7	35	195	1.47	570	14	35	250	5.74	230.4	25	35	260	9.00	2170
7	25	220	2.10	577	14	25	250	7.98	230.4	25	25	275	14.0	2383
7	15	225	3.36	605	14	15	300	12.9	230.4	25	15	-	-	-



**Gb.4 Grafik Hubungan Antara Arus Thd Beban**



**Gb. 5. Grafik Hub Antara Putaran Thd Tegangan**

**KESIMPULAN**

- a. Berdasarkan hasil pengujian terjadi tegangan jenuh pada pengujian tegangan output konstan 25 Volt untuk generator magnet permanen dengan 2 kutub dan R = 15 Ohm, dan tegangan Output konstan 36 Volt untuk generator magnet permanen 6 kutub dan R = 15 Ohm.

- b. Berdasarkan grafik pengujian, pengoperasian generator dengan jumlah kutub 2 buah diperoleh hasil bahwa arus tertinggi sebesar 0.92 Ampere pada  $R = 15 \text{ Ohm}$  dan tegangan output sebesar 14 Volt.
- c. Pengujian generator magnet permanen dengan jumlah kutub 2 buah untuk beban kosong belum mencapai tegangan jenuh.
- d. Penggunaan generator dengan magnet permanen pengoperasiannya lebih mudah karena tidak membutuhkan eksitasi dari luar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir Prof. Ir. 1993. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta : LP3ES
- A. E. Fitzgerald, Sc. D., David E Higginbotham, SM., Arvin Grabil, Sc. D. 1981. *Dasar Dasar Elektroteknik*. Jakarta : Erlangga.
- Hariyotejo Pujowidodo, Jefri Helian, Gatot Eka Pramono, Abrar Ridwan Departemen Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 1987. *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia.*, Jakarta.
- Martin A. Plonus. 1978. *Applied Electromagnetics*, Kogakusha : Mc Graw-Hill. LTD.
- Noel M. Morris. 1987. *Dasar Dasar Listrik Dan Elektronika*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.
- William H. Hayt, Jr dan John A Buck. 2006. *Engineering Electromagnetics*. Mc. Graw Hill.
- Zuhal M. Sc. EE dan Zhanggischan Ir. 2004. *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Jakarta : PT Gramedia