

STUDI PERUBAHAN EKSITASI DENGAN BEBAN LAMPU HEMAT ENERGI PADA HUBUNGAN BELITAN GENERATOR SINKRON

Elvira Zondra¹, Arlenny² Usaha Situmeang³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
Email: elviraz@unilak.ac.id, arlenny@unilak.ac.id, usaha@unilak.ac.id

ABSTRAK

Tegangan tiga fasa yang dihasilkan generator tergantung kepada kecepatan putar *prime mover* dan arus eksitasi yang diberikan sebagai penguat pada generator sinkron. Perubahan beban akan menyebabkan turunnya tegangan terminal. Agar tegangan terminal tetap maka dilakukan pengaturan arus eksitasi yang mempengaruhi tegangan keluar generator terhadap perubahan beban. Belitan stator generator dapat dihubungkan secara hubungan Y dan Δ . Penelitian ini membahas perubahan eksitasi dengan beban lampu hemat energi pada hubungan belitan generator sinkron. Pengaturan eksitasi yang diberikan pada generator sinkron tanpa beban menyebabkan meningkatnya tegangan terminal generator. Hasil pengujian ini dapat menggambarkan kurva saturasi tanpa beban dari generator sinkron yang digunakan. Dari analisa pada generator berbeban dapat dinyatakan bahwa didapatkan penurunan tegangan apabila pada generator sinkron terjadi peningkatan beban. Untuk menstabilkan tegangan maka diberikan penambahan arus eksitasi pada generator tersebut. Dari pengujian, tegangan sistem yang diizinkan yaitu -10% dari tegangan nominal (360 Volt) didapatkan saat pemberian arus eksitasi pada generator hubungan Y sebesar 80% (3,04 A), sehingga jika terjadi peningkatan beban maka dibutuhkan penambahan arus eksitasi agar tegangan stabil. Untuk generator hubungan Δ didapatkan nilai tegangannya dengan membagi $\sqrt{3}$ nilai tegangan generator hubungan Y. Beban lampu hemat energi mampu untuk menerima tegangan dari sistem hingga tegangan +5% dari tegangan nominal lampu (220Volt+5%).

Kata Kunci: Generator Sinkron, Perubahan Eksitasi, Beban Lampu Hemat Energi.

ABSTRACT

Three-phase voltage generated depends on the rotational speed of the generator prime mover and excitation current given as a booster to the synchronous generator. With the change in the load will cause a voltage drop in the terminal. To keep the terminal voltage of the generator excitation current settings are affecting the generator output voltage to the load change. Generator stator windings can be winding connected in Y and Δ . This investigation examines the changes in excitation with energy-saving light load on the generator windings synchronous relationship. Excitation settings given the synchronous generator without load causing increased terminal voltage generator. The results of these tests can describe the no-load saturation curve of the synchronous generator used. From the analysis in the generator under load can be stated that the obtained voltage drop when the synchronous generator load increased. To stabilize the voltage is then given to the addition of the generator excitation current. From the test, the permissible system voltage is -10% of the nominal voltage (360Volt) is obtained when the administration of the synchronous generator excitation current by 80% Y winding connection (3.04A), so that if there is an increase in load is required in order to increase the flow of excitation voltage stable. For Δ winding connection generator voltage value obtained by dividing the value of the voltage on the $\sqrt{3}$ Y relationship generator. Burden of energy-saving lamps able to receive the voltage from the voltage system to +5% of the nominal voltage of lamp (220Volt+5%).

Keywords: Synchronous Generator, Excitation Change, Energy Saving Lamp Load

1. PENDAHULUAN

Generator sinkron (sering disebut alternator) adalah mesin sinkron yang digunakan untuk

mengubah daya mekanik menjadi daya listrik. Sebagian besar pusat pembangkit listrik menggunakan generator sinkron tiga fasa sebagai penghasil energi listrik yang digunakan konsumen

untuk kebutuhan sehari-hari. Pada generator sinkron, arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin [1]. Rotor generator diputar oleh *prime mover* untuk menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan tiga fasa pada kumparan stator generator.

Tegangan tiga fasa yang dihasilkan generator tergantung kepada kecepatan putar *prime mover* dan besarnya arus eksitasi yang diberikan sebagai penguat pada generator sinkron. Dengan adanya perubahan beban akan menyebabkan turunnya tegangan terminal. Agar tegangan terminal tetap maka dilakukan pengaturan arus eksitasi generator yang mempengaruhi tegangan keluar generator terhadap perubahan beban. Belitan stator generator dapat dihubungkan secara hubungan Y dan hubungan Δ . Penelitian ini membahas perubahan eksitasi dengan beban LHE pada hubungan belitan generator sinkron.

Generator Sinkron

Generator sinkron bekerja berdasarkan adanya induksi elektromagnetik. Generator sinkron memiliki dua bagian utama yaitu bagian yang berputar (rotor) dan bagian yang diam (stator) [3]. Konstruksi generator sinkron diperlihatkan gambar 4.1. Mesin sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya berbentuk sama dengan mesin induksi sedangkan kumparan medan mesin sinkron dapat berbentuk kutup sepatu (salient) atau kutup dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Frekuensi alternator ditentukan dengan [2]

$$f = \frac{pn}{120} \quad (1)$$

Arus searah untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin [1]. Rotor generator diputar oleh *prime mover* dengan kecepatan sinkron untuk menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan tiga fasa pada kumparan jangkar stator generator.

$$E_0 = cn\phi \quad (2)$$

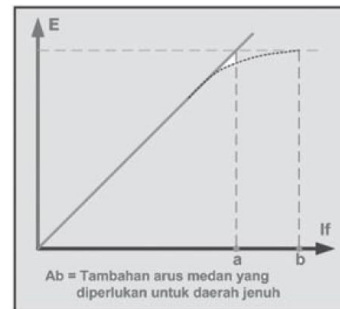
dengan[1]

- c = konstanta mesin
- n = putaran sinkron
- ϕ = fluks yang dihasilkan oleh I_f

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator. Apabila generator sinkron melayani beban, maka pada kumparan jangkar stator mengalir arus yang akan menimbulkan fluks jangkar. Fluks jangkar akan

berinteraksi dengan fluks yang dihasilkan oleh arus medan rotor sehingga menghasilkan fluks resultan. Reaksi jangkar bersifat reaktif dan disebut dengan reaktansi pemagnetan (X_m). Bersama dengan reaktansi fluks bocor (X_a), reaktansi pemagnetan ini dikenal sebagai reaktansi sinkron (X_s).

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, sehingga tidak terdapat pengaruh reaksi jangkar. Fluks hanya dihasilkan oleh arus medan (I_f). Bila besarnya arus medan dinaikkan, maka tegangan output juga akan naik sampai titik saturasi (jenuh) seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 :Kurva Generator tanpa beban[1]

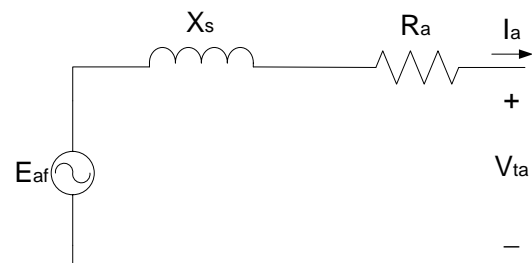
Bila Generator diberi beban yang berubah-ubah maka besarnya tegangan terminal V akan berubah-ubah pula. Hal ini disebabkan adanya kerugian tegangan pada Resistansi jangkar R_a , Reaktansi bocor jangkar X_L , Reaksi Jangkar X_a .

Tegangan terminal fasa a merupakan penjumlahan dari penurunan tegangan tahanan jangkar $R_a I_a$ dengan tegangan yang diinduksikan [7].

$$V_{ta} = -R_a I_a - jX_s I_a + E_{af} \quad (3)$$

$$X_s = X_m + X_a$$

Rangkaian ekivalen generator sinkron dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 :Rangkaian ekivalen Generator sinkron [2]

Agar tegangan terminal stabil maka dilakukan pengaturan tegangan medan.

Sistem Tiga Phasa

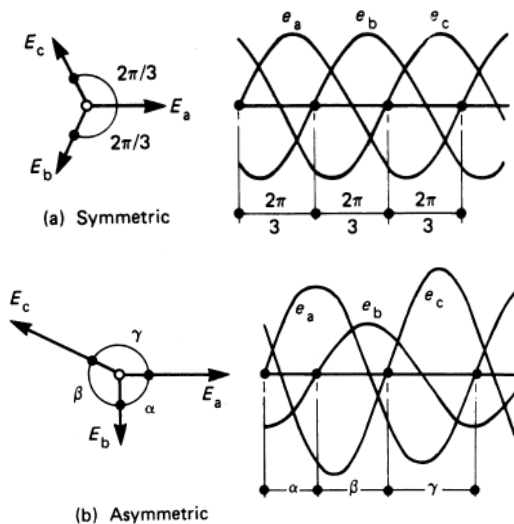
Sebuah sistem m-fase simetris memiliki sumber emf, semua bentuk gelombang dan frekuensi yang sama, dan memberikankan $2\pi/m$ rad atau periode dalam waktu $1/m$; m adalah paling umum 3, tetapi

kadang-kadang 6, 12 atau 24 [4].

Sistem tiga fase simetri pada gambar 3(a). Sistem simetri sinusoidal tiga fase memiliki sumber emfs di fase A, B dan C yang diberikan oleh[7]

$$\begin{aligned} e_a &= e_m \sin \omega t \\ e_b &= e_m \sin(\omega t - 2\pi/3) \\ e_c &= e_m \sin(\omega t - 4\pi/3) \end{aligned} \quad (4)$$

Sistem tiga fase asimetri pada gambar 3(b)., Sistem asimetris secara umum, tidak memiliki tegangan fasa merata. Asimetri tersebut dapat terjadi pada mesin dengan gulungan fase tidak seimbang dan ketika kesalahan terjadi pada sistem power suplay.



Gambar 3: Sistem tiga fasa[4]

Hubungan Y

Apabila nilai tegangan fasa efektif menjadi E_{an} , E_{bn} dan E_{cn} pada arah positif keluar dari titik bintang N. Kemudian nilai tegangan *line* (saluran) efektif adalah

$$\begin{aligned} E_{ab} &= E_{an} - E_{bn} \\ E_{bc} &= E_{bn} - E_{cn} \\ E_{ca} &= E_{cn} - E_{an} \end{aligned} \quad (5)$$

Perbedaan sudut fasor dari tegangan E_{ab} leading terhadap E_{an} sejauh 30° . Dimana nilainya $\sqrt{3}$ kali lipat dari tegangan fase, dan memberikan tegangan saluran sistem tiga fase simetris. Jadi

$$E_L = \sqrt{3}E_{LN} \quad (6)$$

Tegangan saluran E_L adalah $\sqrt{3}$ tegangan fasa E_{ph} dan arus line I_L sama dengan arus fasa I_{ph} , yang subskrip L dan ph mengacu pada saluran dan jumlah fasa masing-masing [4].

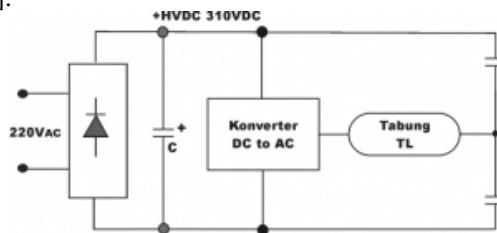
Hubungan Δ

Tegangan saluran ke saluran adalah tegangan ke fasa mana saluran terhubung. Arus saluran nilainya berbeda dengan arus fasa, sehingga untuk hubungan simetri tegangan saluran E_L sama dengan tegangan fasa E_{ph} dan I_L adalah $\sqrt{3} I_{ph}$. Tegangan keluaran generator sinkron belitan Y tanpa beban maupun berbeban besarnya mendekati $\sqrt{3}$ kali tegangan keluaran generator sinkron belitan Δ [5].

Pada jurnalnya Irnanda Priyadi melakukan pengujian dengan beban nol dan beban konstan dan menyatakan bahwa tegangan efektif pada terminal generator tergantung pada hubungan stator generator apakah Y atau Δ.

Lampu Hemat Energi

Lampu hemat energi adalah jenis lampu fluorescen yang menggunakan ballast elektronik. Prinsip kerja lampu *fluorescent* adalah berdasarkan pelepasan elektron dari kutub negatif ke kutub positif. Elektron yang terlepas ini akan bertabrakan dengan atom gas yang diisikan ke dalam tabung tersebut. Tumbukan elektron dan atom gas ini akan menghasilkan elektron yang akan menabrak atom berikut, dan seterusnya. Adapun atom yang tidak cukup energi untuk lepas dari ikatan atom akan mengalami perpindahan dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Karena pada tingkat energi tinggi ini keadaan elektron tidak stabil maka ia akan kembali ke lintasan semula (tingkat energi lebih rendah) sambil mengeluarkan gelombang elektromagnetik yang merupakan sinar ultra violet [6].



Gambar 4 :Diagram Blok Ballast Elektronik[9]

Fungsi bagian dari ballast elektronik diatas dapat diuraikan sebagai berikut : *Rectifer*, berfungsi untuk mengubah tegangan listrik AC 220V PLN menjadi tegangan DC tinggi (*High Voltage DC /HVDC*) 320 Volt. DC to AC Converter, berfungsi untuk mengubah tegangan HVDC 320 Volt menjadi tegangan AC 500V – 800V dengan frekuensi 20KHz – 60KHz.

2. METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah penyelesaian penelitian ini maka digunakan metodologi penelitian sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur dari berbagai sumber baik jurnal-jurnal dan buku-buku penunjang tentang generator sinkron dengan perubahan eksitasi
2. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik dengan peralatan ukur yang digunakan adalah multimeter, tang amper, sedangkan beban yang diuji adalah LHE 45 Watt, 90 Watt dan 135 Watt
3. Setelah rangkaian pengujian dihubungkan, penggerak mula dihubungkan dengan generator yaitu berupa motor induksi tiga fasa untuk memutar rotor generator. Setelah rotor generator berputar stabil, arus eksitasi dialirkan ke rotor generator. Dilakukan pengujian pertama untuk mendapatkan kurva pemagnetan yaitu dengan melakukan pengujian beban nol pada generator sinkron merubah arus eksitasi dari 0% sampai 100%. Lakukan pengukuran tegangan pada terminal generator untuk setiap perubahan arus eksitasi.
4. Pengujian dilanjutkan dengan memberikan beban pada generator sinkron. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan terminal pada generator sinkron dan arus yang mengalir ke beban dengan menggunakan beban lampu hemat energi untuk setiap perubahan arus eksitasi. Beban yang diberikan dinaikkan dari beban 45 watt, 90 watt kemudian dilanjutkan dengan beban 135 watt. Lakukan pengukuran tegangan dan arus untuk masing-masing beban setiap perubahan arus eksitasi.
5. Selanjutnya menganalisis hasil pengujian tentang generator sinkron dengan perubahan eksitasi. Kurva saturasi tanpa beban dibuat berdasarkan pengujian beban nol pada generator. Dari pengujian berbeban dilakukan analisa tegangan dari kenaikan beban dan pengaturan arus eksitasi .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Generator Sinkron

Data teknis generator sinkron yang ada di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Unilak adalah sebagai berikut:

Merk : MIN DONG YA NAN
 Frekuensi : 50 Hz
 Type : STC-5
 Kecepatan : 1500 rpm
 Pout : 5 kW

Cos ϑ : 0,8
 Tegangan : 400 Volt
 Kutup : 4 kutup
 Arus : 9 Ampere
 Tegangan eksitasi : 82 Volt
 Arus eksitasi : 3,6 Ampere

Dari data teknis Generator Sinkron didapatkan: Kecepatan medan putar generator adalah

$$n = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

Tegangan generator

$$V = \frac{P}{\sqrt{3i} \cdot \cos \vartheta} = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 9 \times 0,8} = 400 \text{ Volt}$$

Pengujian yang dilakukan pada generator sinkron adalah pengujian beban nol dan pengujian berbeban.

Pengujian Tanpa Beban

Pada pengujian tanpa beban, diberikan arus eksitasi pada generator sinkron hubungan Y dan dilakukan pengukuran tegangan saluran. Hasil pengukuran percobaan tanpa beban didapatkan data tabel 1.

Pengujian Berbeban

Pada pengujian berbeban, diberikan arus eksitasi pada generator sinkron hubungan Y dan dilakukan pengukuran tegangan fasa, tegangan saluran dan kuat arus pada saluran. Hasil pengukuran pengujian berbeban 45 Watt didapatkan data tabel 2. Hasil pengukuran pengujian berbeban 90 Watt didapatkan data tabel 3.

Tabel 1. Generator Sinkron hubungan Y Tanpa Beban

%	IF		VL-L (Volt)		
	A	RS	ST	TR	
0	0	0	0	0	0
10	0,38	78,1	78,6	78,6	78,6
20	0,76	134,3	134,6	134,6	134,6
30	1,14	187,6	187,6	187,6	187,4
40	1,52	232,7	232,8	232,8	232,8
50	1,9	279,8	279,6	279,6	279,8
60	2,28	315,6	315,7	315,7	315,3
70	2,66	343,6	343,3	343,3	343,4
80	3,04	364,3	364,8	364,8	364,5
90	3,42	383,8	383,9	383,9	383,3
100	3,8	401,3	401,5	401,5	401,8

Tabel 2. Generator Sinkron Hubungan Y Beban 45 Watt hubungan Y

IF		Tegangan VL-N			Tegangan VL-L			Kuat Arus(A)		
%	A	R	S	T	RS	ST	TR	R	S	T
0	0	4,8	4,8	4,8	8,2	8,2	8,2	0	0	0
10	0,38	47,8	47,4	47,4	82,5	82,5	82,5	0,22	0,22	0,22
20	0,76	80,5	80,6	80,4	139,7	139,7	139,8	0,2	0,21	0,22
30	1,14	109,5	109,4	109,7	187,4	187,2	187,2	0,19	0,2	0,21
40	1,52	135,4	135,2	135,6	230,5	230,6	230,5	0,19	0,19	0,19
50	1,9	161,3	161,3	161,5	276,3	276,4	276,2	0,17	0,17	0,17
60	2,28	181	181,1	181,2	310,2	310,4	310,7	0,17	0,16	0,16
70	2,66	198,3	198,2	198,5	340,7	340,2	340,3	0,16	0,16	0,16
80	3,04	212,7	212,2	212,5	364,8	364,3	364,3	0,16	0,16	0,16
90	3,42	224,3	224,4	224,7	383,3	383,1	383,3	0,16	0,16	0,16
100	3,8	232,2	232,3	232,5	398,1	398,3	398,7	0,16	0,16	0,16

Tabel 3. Generator Sinkron Hubungan Y Beban 90 Watt hubungan Y

IF		Tegangan VL-N			Tegangan VL-L			Kuat Arus(A)		
%	A	R	S	T	RS	ST	TR	R	S	T
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,38	43,2	43,2	43,1	75,2	75,2	75,2	0,46	0,43	0,45
20	0,76	75,2	75,4	75,2	130,4	130,5	130,6	0,47	0,43	0,44
30	1,14	109,3	109,4	109,5	186,5	186,7	186,5	0,44	0,42	0,43
40	1,52	135,2	135,6	135,6	230,4	230,5	230,2	0,4	0,38	0,38
50	1,9	161,3	161,4	161	274,2	274,3	274,2	0,37	0,4	0,35
60	2,28	180,5	180,7	180,6	310,1	310,5	310,3	0,35	0,33	0,33
70	2,66	197,7	197,5	197,4	338,4	338,2	338,3	0,36	0,32	0,32
80	3,04	211,6	211,7	211,8	362,2	362,5	362,3	0,34	0,32	0,32
90	3,42	223,1	223,2	223,6	380,1	380,2	380,6	0,34	0,32	0,32
100	3,8	230,2	230,4	230,6	395,3	395,2	395,7	0,34	0,32	0,33

Pembahasan

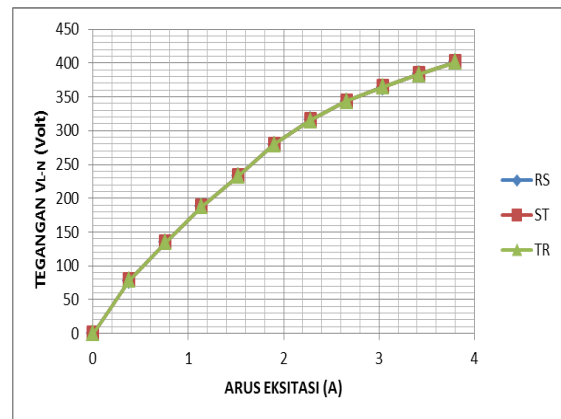
Dari hasil pengujian tanpa beban pada tabel 1, didapatkan pengaruh perubahan arus eksitasi terhadap tegangan terminal generator sinkron yang digambarkan berupa kurva saturasi beban nol seperti gambar 5. Dari gambar 5 dan tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar arus eksitasi yang diberikan pada generator, maka tegangan terminalpun meningkat.

Pada generator sinkron hubungan Y, berdasarkan persamaan 6, $E_L = \sqrt{3}E_{LN}$ sedangkan pada generator sinkron hubungan Δ diketahui $E_L = E_{LN}$. Pada hasil pengujian Generator Sinkron hubungan Y tanpa beban dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tegangan saluran generator sinkron hubungan Δ dengan:

Arus eksitasi 10%

$$E_{LN} = E_L(\text{hubungan}\Delta) = \frac{E_L(\text{hubungan}Y)}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{78,1}{\sqrt{3}} = 45,09\text{Volt}$$



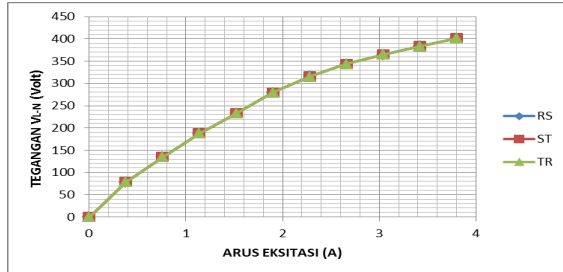
Gambar 5: Kurva Saturasi Generator Sinkron Beban Nol

Seterusnya untuk arus eksitasi 20% sampai 100% didapatkan hasil perhitungan dengan cara yang sama hingga diperoleh tabel 4. Dari hasil perhitungan didapatkan pengaruh perubahan arus eksitasi terhadap tegangan terminal generator sinkron tanpa beban.

Berdasarkan hasil pengujian generator sinkron berbeban 45 Watt pada tabel 2, didapatkan pengaruh perubahan arus eksitasi terhadap tegangan terminal generator sinkron berbeban yang

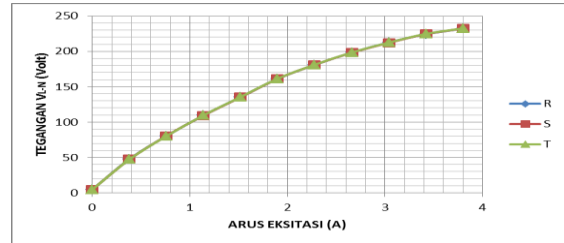
digambarkan seperti gambar 6.

Dari gambar 6 dan tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar arus eksitasi yang diberikan pada generator, maka tegangan terminalpun meningkat.



Gambar 6: Kurva Saturasi Generator Sinkron Beban 45 Watt

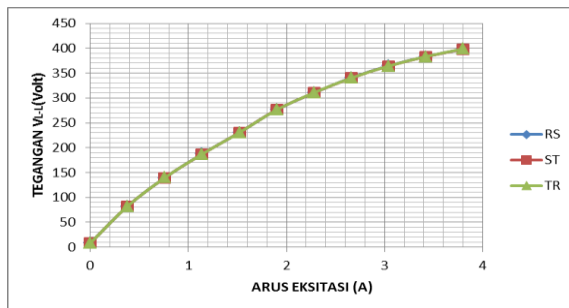
Pengaruh arus eksitasi yang diberikan terhadap tegangan fasa dan tegangan saluran pada generator sinkron berbeban 45 Watt seperti gambar 7 a dan b.



(a)

Tabel 4. Generator Sinkron hubungan Y dan Δ Tanpa Beban

IF		VL-L(Volt) hubungan Y			VL-L(Volt) hubungan Δ		
%	A	RS	ST	TR	RS	ST	TR
0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,38	78,1	78,6	78,6	45,09	45,38	45,38
20	0,76	134,3	134,6	134,6	77,54	77,71	77,71
30	1,14	187,6	187,6	187,4	108,31	108,31	108,19
40	1,52	232,7	232,8	232,8	134,35	134,41	134,41
50	1,9	279,8	279,6	279,8	161,54	161,43	161,54
60	2,28	315,6	315,7	315,3	182,21	182,27	182,04
70	2,66	343,6	343,3	343,4	198,38	198,2	198,26
80	3,04	364,3	364,8	364,5	210,33	210,62	210,44
90	3,42	383,8	383,9	383,3	221,59	221,64	221,3
100	3,8	401,3	401,5	401,8	231,69	231,81	231,98



(b)

Gambar 7: Kurva tegangan fasa dan tegangansaluran terhadap arus eksitasi yang diberikan pada generator sinkron berbeban 45 Watt

Pada generator sinkron hubungan Y, berdasarkan persamaan 6, $E_L = \sqrt{3}E_{LN}$ sedangkan pada generator sinkron hubungan Δ diketahui

$E_L = E_{LN}$. Pada hasil pengujian Generator Sinkron hubungan Y berbeban dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tegangan saluran Generator Sinkron hubungan Δ dengan beban 45 Watt:

Arus eksitasi 0%

$$E_L(\text{hubungan}\Delta) = \frac{E_L(\text{hubungan}Y)}{\sqrt{3}} = \frac{8,2}{\sqrt{3}} = 4,73\text{Volt}$$

Seterusnya untuk arus eksitasi 10% sampai 100% didapatkan hasil perhitungan dengan cara yang sama hingga diperoleh tabel 5. Karena beban 45 Watt terhubung Y maka tegangan fasa dapat ditentukan dengan

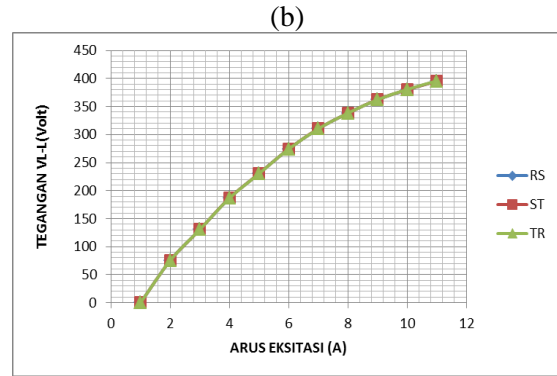
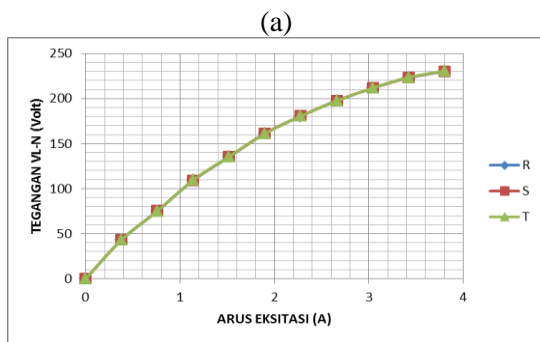
Arus eksitasi 0%

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{4,73}{\sqrt{3}} = 2,73\text{Volt}$$

Seterusnya untuk arus eksitasi 10% sampai 100% didapatkan hasil perhitungan dengan cara yang sama hingga diperoleh tabel 5.

Dari hasil pengujian berbeban pada tabel 5, didapatkan kurva tegangan fasa dan tegangan saluran terhadap arus eksitasi yang diberikan pada generator sinkron berbeban 90 Watt seperti gambar 8 a dan b.



Gambar 8 Kurva tegangan fasa dan tegangan saluran terhadap arus eksitasi yang diberikan pada generator sinkron berbeban 90 Watt

(a)

Tabel 5. Generator Sinkron Hubungan Δ Beban 45 Watt hubungan Y

IF		Tegangan VL-N			Tegangan VL-L		
%	A	R	S	T	RS	ST	TR
0	0	2,73	2,73	2,73	4,73	4,73	4,73
10	0,38	27,5	27,5	27,5	47,63	47,63	47,63
20	0,76	46,56	46,56	46,6	80,65	80,65	80,71
30	1,14	62,47	62,4	62,4	108,19	108,08	108,08
40	1,52	76,83	76,87	76,83	133,08	133,14	133,08
50	1,9	92,1	92,13	92,07	159,52	159,58	159,46
60	2,28	103,4	103,47	103,57	179,09	179,21	179,38
70	2,66	113,57	113,4	113,43	196,7	196,41	196,47
80	3,04	121,6	121,43	121,43	210,62	210,33	210,33
90	3,42	127,77	127,7	127,77	221,3	221,18	221,3
100	3,8	132,7	132,77	132,9	229,84	229,96	230,19

Pada hasil pengujian Generator Sinkron hubungan Y berbeban dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tegangan saluran Generator Sinkron hubungan Δ dengan beban 90 Watt:

Arus eksitasi 10%

$$E_L(\text{hubungan}\Delta) = \frac{E_L(\text{hubungan}Y)}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{75,2}{\sqrt{3}} = 43,42\text{Volt}$$

Seterusnya untuk arus eksitasi 20% sampai 100%

didapatkan hasil perhitungan dengan cara yang sama hingga diperoleh tabel 6. Karena beban 90 Watt terhubung Y maka tegangan fasa dapat ditentukan dengan Arus eksitasi 10%

$$E_{LN} = \frac{E_L}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{43,42}{\sqrt{3}} = 25,07\text{Volt}$$

Seterusnya untuk arus eksitasi 20% sampai 100% didapatkan hasil perhitungan dengan cara yang sama hingga diperoleh tabel 6.

Dari pengujian berbeban didapatkan penurunan tegangan apabila pada generator sinkron terjadi

peningkatan beban. Untuk menstabilkan tegangan maka diberikan penambahan arus eksitasi pada generator tersebut. Tegangan nominal dikurang dengan 10% penurunan tegangan (360 Volt) didapatkan saat pemberian arus eksitasi pada generator sinkron sebesar 80% (3,04 A).

Tabel 6. Generator Sinkron Hubungan Δ Beban 90 Watt hubungan Y

IF		Tegangan VL-N			Tegangan VL-L		
%	A	R	S	T	RS	ST	TR
0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,38	43,2	43,2	43,1	43,42	43,42	43,42
20	0,76	43,47	43,5	43,53	75,29	75,34	75,4
30	1,14	62,17	62,23	62,17	107,67	107,79	107,67
40	1,52	76,8	76,83	76,73	133,02	133,08	132,91
50	1,9	91,4	91,43	91,4	158,31	158,37	158,31
60	2,28	103,04	103,5	103,43	179,04	179,27	179,15
70	2,66	112,8	112,73	112,77	195,37	195,26	195,32
80	3,04	120,67	120,83	120,77	209	209,29	209,17
90	3,42	126,7	126,67	126,87	219,45	219,39	219,74
100	3,8	131,77	131,73	131,9	228,23	228,17	228,46

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil pengaturan kecepatan dan simulasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaturan eksitasi yang diberikan pada generator sinkron tanpa beban mempengaruhi tegangan terminal generator. Hasil pengujian ini dapat menggambarkan kurva saturasi tanpa beban dari generator sinkron yang digunakan.
2. Dari analisa yang dilakukan pada generator berbeban dapat dinyatakan bahwa dengan meningkatnya beban berpengaruh terhadap menurunnya tegangan. Untuk menstabilkan tegangan maka diberikan penambahan arus eksitasi pada generator tersebut. Peningkatan arus eksitasi pada pengujian dibatasi sampai diperoleh tegangan nominal sistem.

Saran

1. Dalam penelitian ini peningkatan tegangan terhadap perubahan arus eksitasi setiap 10% masih belum kecil dan peningkatan tegangan ini dapat diamati lebih stabil dengan penambahan arus eksitasi dengan tahap yang lebih kecil.
2. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan pengamatan nilai harmonisa pada sistem.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuhail, 1993, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Penerbit Gramedia, 1993
- [2] Theodore Wildi, 2002, *Electrical Machines, Drives And Power System*, Prentice Hall International Edition.
- [3] Abdul Kadir, 1999, Mesin Sinkron, Penerbit Djambatan.
- [4] D. J. Warne CEng., 2003, M. A. Laughton Ceng, *Electrical Engineer's Reference Book Sixteenth edition*, FIEE, Newnes.
- [5] Irandia Priyadi, Analisa Pengaruh Eksitasi Terhadap Efek Harmonisa Pada Hubungan Belitan Generator Sinkron Dengan Beban LHE, Jurnal Amplifier Vol.2 no.1, Mei 2012.
- [6] Reza Perkasa Alamsyah, Analisis Pengaruh Beban Harmonisa (Lampu Hemat Energi) Terhadap Konduktor, diakses dari <http://www.ee.ui.ac.id/online/semtafull/20110107210937-sm6590-tp4-RezaPerkas-Jurnalp.pdf> diakses pada tanggal 1 September 2017
- [7] A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley Jr, Stephen d.Umans, 1990, "Mesin-Mesin Listrik" edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8] Stephen J.Chapman, 2012, *Electric Machinery Fundamentals Fifth Edition*, Mc Graw Hill.
- [9] Fungsi Dan Kelebihan Ballast Elektronik diakses dari <http://elektronika-dasar.web.id/fungsi-dan-kelebihan-ballast-elektronik/> diakses pada tanggal 1 September 2017