

Penggunaan Exciter Sebagai Penguat Generator 25 MVA, 11KV
Pada Trans Pacific Petrochemical Indotama (TPPI) Tasikharjo,
Tuban

Oleh :

Agus Raikhani

Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum Jombang

agus.raikhani@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan exciter sistem AVR sebagai penguat generator sinkron pada Transpacific Petrochemical Indotama berdasarkan hasil analisis didapat data bahwa , tegangan pada terminal generator akan berubah akibat terjadinya reaksi jangkar pada belitan stator. Sedangkan bila terjadi beban yang berubah - ubah tegangan terminal generator akan ikut berubah, dan penguatan arusnya juga akan ikut berubah sehingga untuk menjaga tegangan generator tetap konstan, maka arus penguatannya (exciter) harus diatur. Dengan menggunakan sistem AVR perubahan tegangan generator yang terjadi akibat adanya perubahan beban dapat diatasi dengan mengatur arus nominal dipenguat medan shunt yang dengan maksimum sebesar 6 A.

Keyword: exciter, AVR, generator sinkron

I. PENDAHULUAN

Konversi energi baik dari energi listrik menjadi energi mekanik maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik berlangsung melalui medium medan magnet. Generator merupakan suatu alat yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip dasar timbulnya arus listrik pada generator adalah berdasarkan fenomena yang menyatakan bahwa jika sebatang konduktor digerakkan dengan arah yang benar (yaitu memotong garis gaya medan magnet) maka pada konduktor tersebut akan mengalir arus listrik. Pada umumnya generator sinkron yang sering dipakai atau digunakan adalah generator sinkron tiga fasa. Generator sinkron tiga fasa ini mempunyai keuntungan dalam pembangkitan, penyaluran dan mempunyai daya keluar yang besar. Untuk membuat sistem tiga fasa tersebut diperlukan tiga set kumparan stator yang masing-masing diletakan dengan perbedaan fasa 120° . Karena perbedaan letak sebesar sudut 120° diantara ketiga kumparan, maka dihasilkan tiga tegangan bolak-balik atau fasa yang berselisih waktu $1/3$ dari satu periode T, antara satu kumparan terhadap kumparan yang lainnya

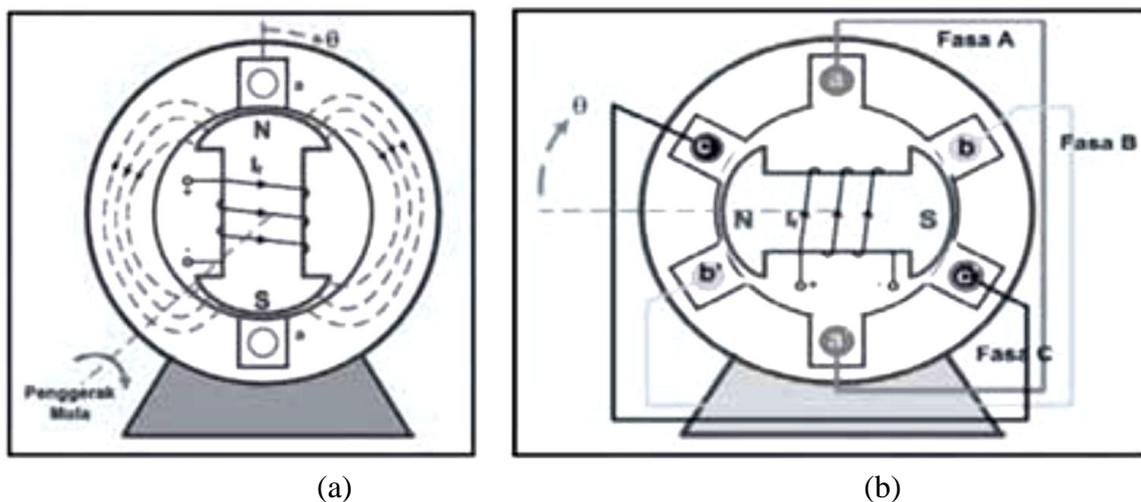
Suatu exciter AC (alternating current) dengan kumparan jangkar yang berputar memberikan daya sepanjang poros pada penyearah yang berputar. Dimana kumparan medan diam (stationary field) dari eksiter AC diberikan melalui sebuah penguat magnet (magnetic amplifiers) yang mengendalikan dan mengatur tegangan keluaran (output) dari generator. Untuk membuat sistim tersebut mandiri (self-contained) dan bebas dari kontak geser (sliding contacts), maka daya eksitasi untuk penguat magnet diperoleh dari kumparan jangkar yang diam (stationary armature) dari suatu alternator magnet permanen (Permanent Magnet Alternator) yang juga digerakan dari poros utama. Dengan latar belakang tersebut diatas penulis terdorong untuk melakukan penelitian mengenai Analisa Exciter Generator 25 MVA, 11kV Pada Trans Pasific Petrochemical Indotama (TPPI) Ds. Remen-Tasikharjo Kec. Jenu Kab. Tuban. Dari uraian di atas maka timbul suatu

permasalahan-permasalahan antara lain; bagaimana proses penggunaan exciter sebagai penguat medan generator di TPPI, bagaimana cara pengaturan exciter agar diperoleh pengaturan tegangan yang optimal pada generator di TPPI. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses penggunaan exciter sebagai penguat medan dan cara pengaturan exciter dari generator pada TPPI.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Generator sinkron

Generator arus bolak – balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak – balik. Generator arus bolak – balik sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub – kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub – kutub rotor tidak dapat tiba – tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala – jala. Generator arus bolak – balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

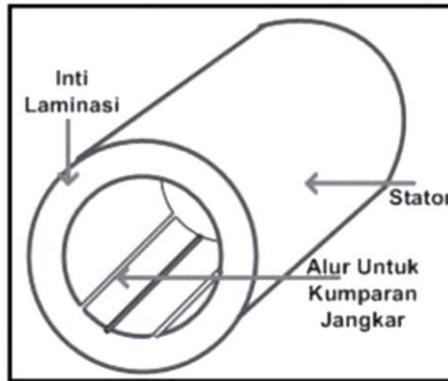


(a) Diagram Generator AC Satu Fasa Dua Kutub
 (b) Diagram Generator AC Tiga Fasa Dua Kutub

Perbedaan prinsip antara generator DC dengan generator AC adalah letak kumparan jangkar dan kumparan statornya. Pada generator DC, kumparan jangkar terletak pada bagian rotor dan kumparan medan terletak pada bagian stator. Sedangkan pada generator AC, kumparan jangkar terletak pada bagian stator dan kumparan medan terletak pada bagian rotor.

2.2. Konstruksi Generator Sinkron

Pada bagian ini akan dibahas mengenai konstruksi generator sinkron secara garis besar. Bagian – bagian generator yang dibahas pada bagian ini antara lain :

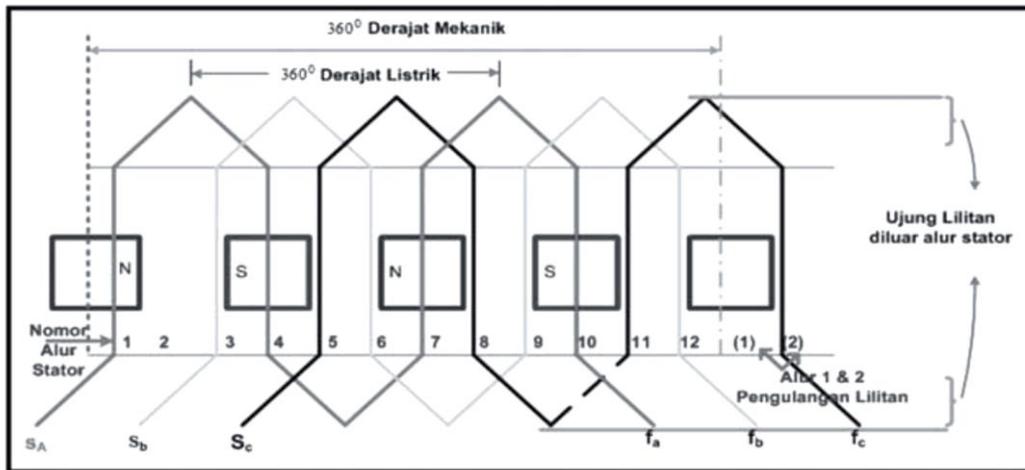


Gambar 2.2 Inti Stator dan Alur pada Stator

Belitan jangkar (stator) yang umum digunakan oleh mesin sinkron tiga fasa, ada dua tipe yaitu:

a. Belitan satu lapis (*Single Layer Winding*).

Gambar 2.3 memperlihatkan belitan satu lapis karena hanya ada satu sisi lilitan di dalam masing - masing alur. Bila kumparan tiga fasa dimulai pada S_a , S_b , dan S_c dan berakhir di F_a , F_b , dan F_c bisa disatukan dalam dua cara, yaitu hubungan bintang dan segitiga. Antar kumparan fasa dipisahkan sebesar 120 derajat listrik atau 60 derajat mekanik, satu siklus ggl penuh akan dihasilkan bila rotor dengan 4 kutub berputar 180 derajat mekanis. Satu siklus ggl penuh menunjukkan 360 derajat listrik, adapun hubungan antara sudut rotor mekanis ω_{mek} dan sudut listrik ω_{lis} , adalah:

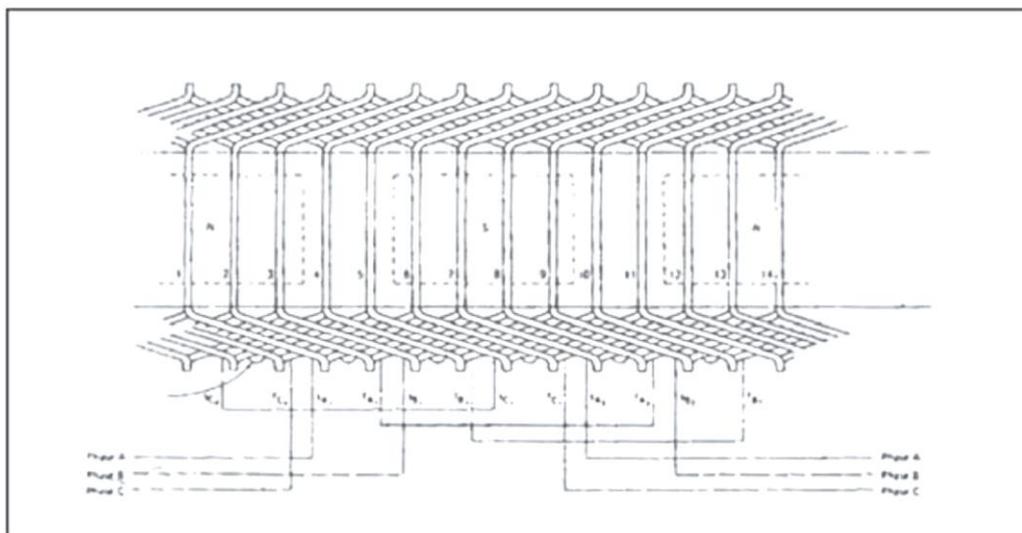


Gambar 2.3 Belitan Satu Lapis Generator Sinkron Tiga Fasa

b. Belitan berlapis ganda (*Double Layer Winding*).

Kumparan jangkar yang diperlihatkan pada hanya mempunyai satu lilitan per kutub per fasa, akibatnya masing – masing kumparan hanya dua lilitan secara seri. Bila alur-alur tidak terlalu lebar, masing-masing penghantar yang berada dalam alur akan membangkitkan tegangan yang sama. Masing – masing tegangan fasa akan sama untuk menghasilkan tegangan per penghantar dan jumlah total dari penghantar per fasa.

Dalam kenyataannya cara seperti ini tidak menghasilkan cara yang efektif dalam penggunaan inti stator, karena variasi kerapatan fluks dalam inti dan juga melokalisir pengaruh panas dalam daerah alur dan menimbulkan harmonik. Untuk mengatasi masalah ini, generator praktisnya mempunyai kumparan terdistribusi dalam beberapa alur per kutub per fasa.



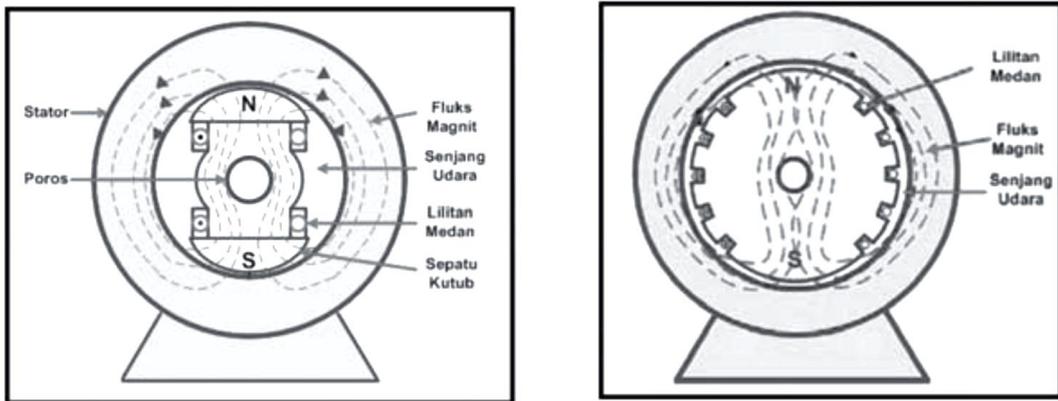
Gambar 2.4 Belitan Berlapis Ganda Generator Sinkron Tiga Fasa

Gambar 2.4 memperlihatkan bagian dari sebuah kumparan jangkar yang secara umum banyak digunakan. Pada masing masing alur ada dua sisi lilitan dan masing – masing lilitan memiliki lebih dari satu putaran. Bagian dari lilitan yang tidak terletak ke dalam alur biasanya disebut *winding overhang*, sehingga tidak ada tegangan dalam *winding overhang*.

2.3. Rotor (*Magnetic Field*)

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang kemudian tegangan dihasilkan dan akan diinduksikan ke stator. Generator sinkron memiliki dua tipe rotor, yaitu : Rotor berbentuk kutub sepatu (*salient pole*) dan Rotor berbentuk kutub dengan celah udara sama rata (*cylindrical*) .

Perbedaan utama antara keduanya adalah *salient pole rotor* digerakkan oleh turbin hidrolis kecepatan rendah sedangkan *cylindrical rotor* digerakkan oleh turbin uap berkecepatan tinggi. Sebagian besar turbin hidraulic harus berputar pada kecepatan rendah (50 – 300 rpm). *Salient pole rotor* dihubungkan langsung ke roda kincir dan frekuensi yang diinginkan 60 Hz. Jumlah kutub yang dibutuhkan di rotor jenis ini sangat banyak. Sehingga dibutuhkan diameter yang besar untuk memuat kutub yang sangat banyak tersebut. *Cylindrical rotor* lebih kecil dan efisien daripada turbin kecepatan rendah. Untuk 2 kutub, frekuensi 60 Hz, putarannya 3600 rpm. Untuk 4 kutub, putarannya 1800 rpm. Bentuk rotor yang terdapat pada generator sinkron dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



(a) Rotor kutub menonjol (b) Rotor Silinder

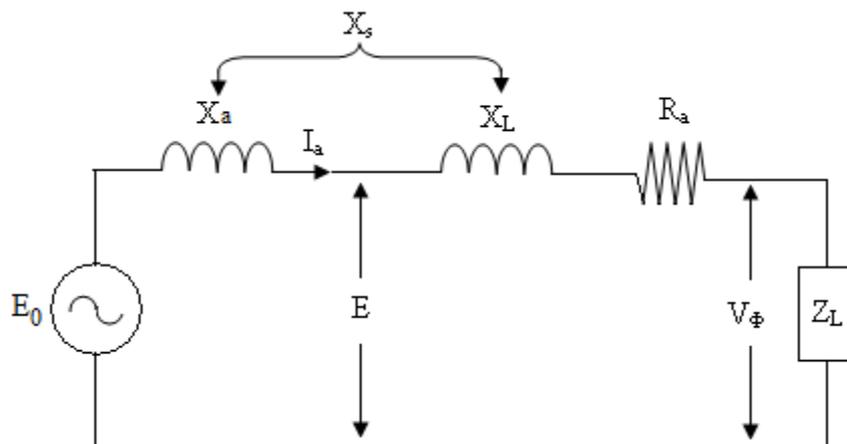
Gambar 2.5 Bentuk Rotor

2.4. Generator Sinkron Berbeban

Bila generator diberi beban yang berubah – ubah maka besarnya tegangan terminal V_t akan berubah – ubah pula. Hal ini disebabkan adanya :

- Jatuh tegangan karena resistansi jangkar (R_a)
- Jatuh tegangan karena reaktansi bocor jangkar (X_L)
- Jatuh tegangan karena reaksi Jangkar

Gambar rangkaian dan karakteristik generator sinkron berbeban diperlihatkan pada gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Rangkaian Generator Sinkron Berbeban

Persamaan tegangan pada generator berbeban adalah:

$$E_a = V_\phi + I_a R_a + j I_a X_s \dots\dots\dots(2.5)$$

$$X_s = X_L + X_a \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

E_a = tegangan induksi pada jangkar per fasa (Volt)

V_ϕ = tegangan terminal output per fasa (Volt)

R_a = resistansi jangkar per fasa (ohm)

X_s = reaktansi sinkron per fasa (ohm)

X_L = reaktansi bocor per fasa (ohm)

X_a = reaktansi reaksi jangkar per fasa (ohm)

2.5. Resistansi Jangkar

Resistansi jangkar per fasa R_a yang dialiri oleh arus jangkar I_a menyebabkan terjadinya tegangan jatuh per fasa $I_a R_a$ yang sefasa dengan arus jangkar I_a . Akan tetapi, pada praktiknya jatuh tegangan ini diabaikan karena sangat kecil.

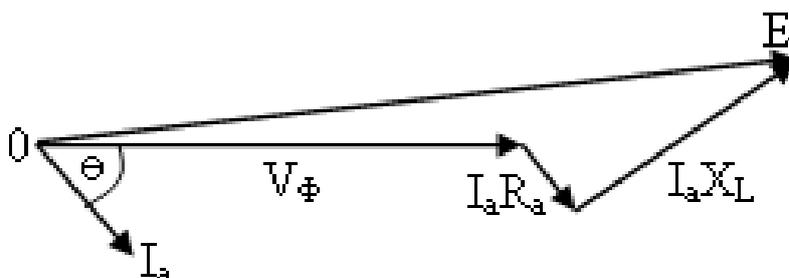
2.5. Reaktansi Bocor Jangkar

Saat arus mengalir melalui penghantar jangkar, sebagian fluks yang terjadi tidak memotong *air-gap*, melainkan mengambil jalur yang lain dan menghubungkan sisi – sisi kumparan. Fluks – fluks tersebut dinamakan fluks bocor (*leakage fluxes*). Fluks bocor tersebut bergerak dengan arus jangkar dan memberikan induktansi diri (*self-inductance*) belitan yang disebut dengan reaktansi bocor jangkar (X_L). Oleh karena itu, fluks bocor ini akan menimbulkan jatuh tegangan akibat reaktansi bocor (X_L) yang sama dengan $I_a X_L$. Dimana, jatuh tegangan ini juga dapat mengurangi tegangan terminal ($V\Phi$). Jadi, akan diperoleh persamaan :

$$E = V\Phi + I_a (R_a + jX_L) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$V\Phi = E - I_a (R_a + jX_L) \dots\dots\dots (2.8)$$

Gambar 2.8 berikut akan memperlihatkan diagram phasor dari pengaruh reaktansi bocor jangkar (X_L) terhadap tegangan terminal ($V\Phi$).

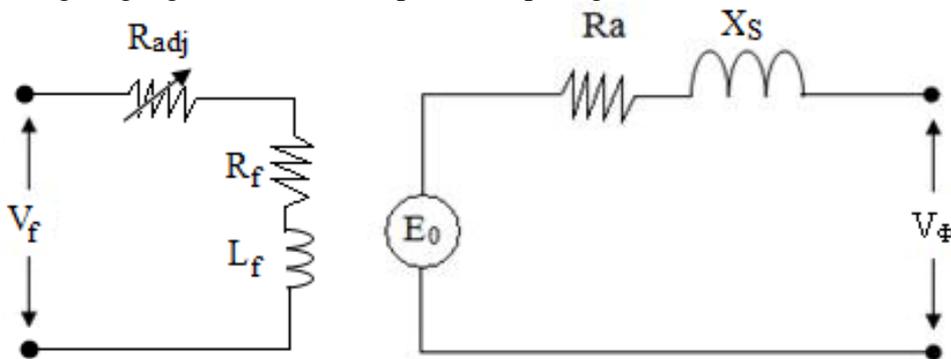


Gambar 2.8. Diagram phasor pengaruh reaksi bocor jangkar

2.6. Karakteristik dan Penentuan Parameter Tanpa Beban : $E_0 = E_0 (I_f)$

Karakteristik tanpa beban (beban nol) pada generator sinkron dapat ditentukan dengan melakukan test beban nol (*open circuit*) yang memiliki langkah – langkah sebagai berikut :

- a.) Generator diputar pada kecepatan nominal (n)
- b.) Tidak ada beban yang terhubung pada terminal
- c.) Arus medan (I_f) dinaikkan dari nol hingga maksimum secara bertahap
- d.) Catat harga tegangan terminal (V_t) pada setiap harga arus medan (I_f)



Gambar 2.11 Rangkaian Test Tanpa Beban

Dari gambar dapat diperoleh persamaan umum generator :

$$E_0 = V\Phi + I_a (R_a + jX_s)$$

Pada hubungan generator terbuka (beban nol), $I_a = 0$. Maka,

$$E_0 = V\Phi = cn\Phi \dots\dots\dots (2.18)$$

Karena tidak ada beban yang terpasang, maka Φ yang dihasilkan hanya Φ_f .
Sehingga :

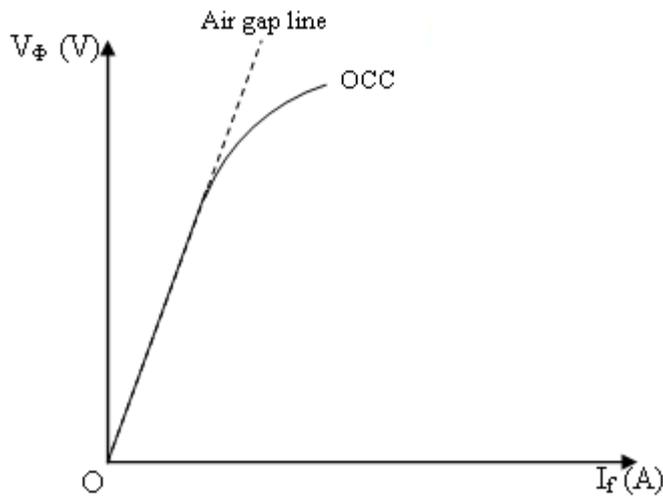
$$E_0 = cn\Phi_f \dots\dots\dots (2.19)$$

$$E_0 = cnI_f \dots\dots\dots (2.20)$$

Nilai cn adalah konstan sehingga persamaan menjadi :

$$E_0 = k_1 I_f \dots\dots\dots (2.21)$$

Berikut diperlihatkan gambar grafik hubungan $V\Phi$ vs I_f yang disebut juga dengan karakteristik hubung terbuka dari generator atau OCC (*Open - Circuit Characteristic*).



Gambar 2.12 Karakteristik Hubung Terbuka (OCC)

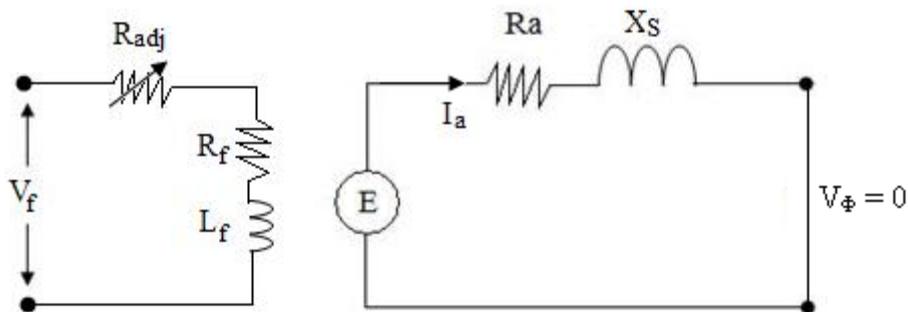
Dari gambar 2.12 di atas terlihat bahwa pada awalnya kurva berbentuk hampir benar – benar linear. Hingga pada harga – harga arus medan yang tinggi, bentuk kurva mulai terlihat saturasi. Inti besi yang tidak jenuh dalam bingkai mesin sinkron memiliki reluktansi beberapa ratus kali lebih rendah daripada reluktansi *air gap*. Sehingga pertama – tama hampir seluruh MMF melewati celah udara dan peningkatan fluksi yang terjadi linear. Ketika inti besi mengalami saturasi, reluktansi besi meningkat secara drastis dan fluksi meningkat lebih lambat dengan peningkatan nilai MMF. Bentuk linear dari grafik OCC disebut karakteristik *air gap line*.

**2.7. Karakteristik dan Penentuan Parameter Generator Sinkron Hubung Singkat:
Isc = Isc (If)**

Untuk menentukan karakteristik dan parameter generator sinkron yang dihubung singkat terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan antara lain :

- a.) Generator diputar pada kecepatan nominal
- b.) Atur arus medan (I_f) pada nol
- c.) Hubung singkat terminal
- d.) Ukur arus armatur (I_a) pada setiap peningkatan arus medan (I_f)

Dimana, rangkaian test hubung singkat pada generator sinkron akan diperlihatkan pada gambar 2.13 berikut.



Gambar 2.13 Rangkaian Test Hubung Singkat

Dari gambar, persamaan umum generator sinkron dihubung singkat adalah :

$$E = V\Phi + I_a (R_a + jX_s)$$

Pada saat generator sinkron dihubung singkat, $V\Phi = 0$ dan $I_a = I_{sc}$. Maka,

$$E = I_{sc} (R_a + jX_s) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$cn\Phi = I_{sc} (R_a + jX_s) \dots\dots\dots (2.23)$$

Karena cn dan $(R_a + jX_s)$ bernilai konstan, maka :

$$cn = k_1 \dots\dots\dots (2.24)$$

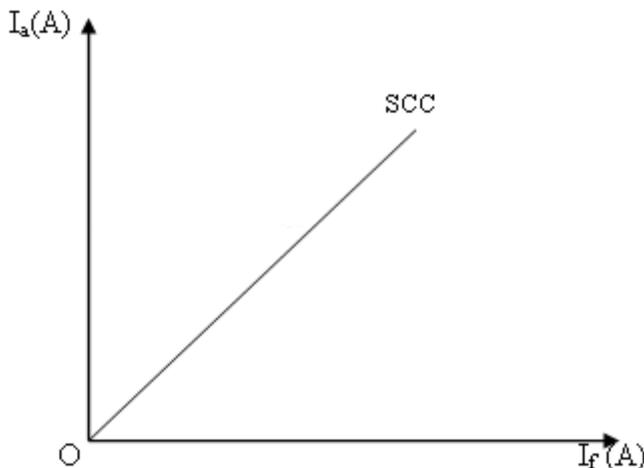
$$(R_a + jX_s) = k_2 \dots\dots\dots (2.25)$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$k_1 \cdot I_f = I_{sc} \cdot k_2 \dots\dots\dots (2.26)$$

$$I_{sc} = \frac{K_1}{K_2} I_f \dots\dots\dots (2.27)$$

Pada karakteristik generator hubung singkat bentuk kurva adalah linear. Hal ini disebabkan oleh medan magnet yang terjadi sangat kecil sehingga inti besi tidak mengalami saturasi. Gambar 2.14 berikut ini akan memperlihatkan karakteristik hubung singkat pada generator sinkron.



Gambar 2.14 Karakteristik Hubung Singkat (SCC)

III. ANALISA DATA

3.1. Data generator:

Dari data yang didapat di lokasi penelitian bahwa ,dipergunakan generator AC dengan penguat DC yang terpisah dari generator utama (main generator) dengan spesifikasi seperti pada tabel 1 :

Tabel 1. Type Generator

No	Type	DG185ZL-04
1	No Machine	40209201
2	Rated output	25275 KVA
3	Rated output	21484 KW
4	pf	0,85
5	Normal Volt	11.000 KV
6	Normal Stator Current	1327 A
7	Rotor Voltage	59 V
8	Rotor current	680 A
9	Frekwensi	50 HZ
10	Speed	1500 Rpm

a. Data system penguat

Untuk penguat utama generator dipakai generator DC penguat shunt dengan spesifikasi sebagai berikut :

No	Type	DGBP60/15
1	No Machine	402092.01
2	Rated output	40 KVA
3	Exciter Voltage	59 V
4	Exciter current	680 A
5	Normal Volt	11.000 KV
6	Normal Stator Current	1327 A
7	exciter Voltage	42 V
8	Rotor current	6,5 A
9	Cooling	IC 616
10	Rated Temperature	36 °C

b. Sistem excitasi

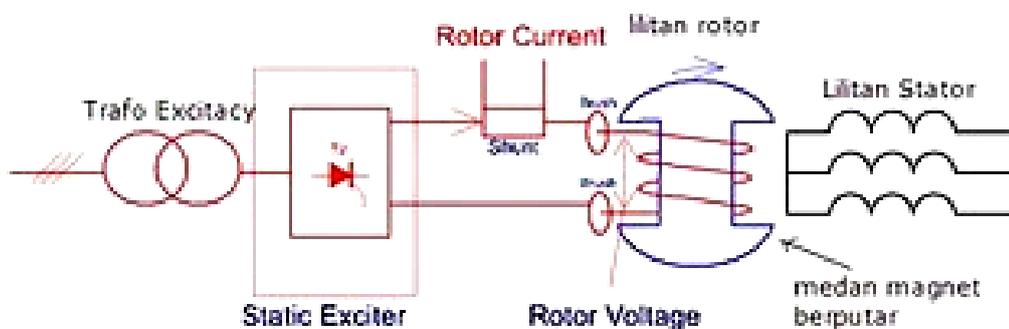
Sistem eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya. Sistem ini merupakan sistem yang vital pada proses pembangkitan listrik dan pada perkembangannya, sistem Eksitasi pada generator listrik ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

3.2. Sistem Eksitasi Dengan sikat

Pada Sistem Eksitasi menggunakan sikat, sumber tenaga listriknya berasal dari generator arus searah (DC) atau generator arus bolak balik (AC) yang disearahkan terlebih dahulu dengan menggunakan rectifier. Jika menggunakan sumber listrik listrik yang berasal dari generator AC atau menggunakan Permanent Magnet Generator (PMG) medan magnetnya adalah magnet permanent. Dalam lemari penyearah,

tegangan listrik arus bolak balik diubah atau disearahkan menjadi tegangan arus searah untuk mengontrol kumparan medan eksiter utama (mainexciter).

Untuk mengalirkan arus Eksitasi dari main exciter ke rotor generator menggunakan slip ring dan sikat arang, demikian juga penyaluran arus yang berasal dari pilot exciter ke main exciter



Gambar 3.1. Sistem Eksitasi dengan sikat (Brush Excitation).

Prinsip kerja pada sistem Eksitasi dengan sikat (Brush Excitation)

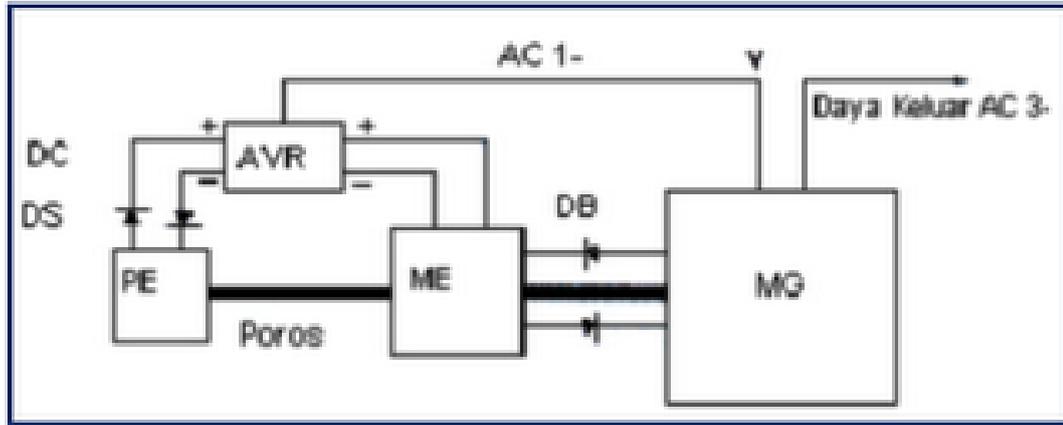
Generator penguat yang pertama, adalah generator arus searah hubungan shunt yang menghasilkan arus penguat bagi generator penguat kedua. Generator penguat (exciter) untuk generator sinkron merupakan generator utama yang diambil dayanya. Pengaturan tegangan pada generator utama dilakukan dengan mengatur besarnya arus Eksitasi (arus penguatan) dengan cara mengatur potensiometer atau tahanan asut. Potensiometer atau tahanan asut mengatur arus penguat generator pertama dan generator penguat kedua menghasilkan arus penguat generator utama. Dengan cara ini arus penguat yang diatur tidak terlalu besar nilainya (dibandingkan dengan arus generator penguat kedua) sehingga kerugian daya pada potensiometer tidak terlalu besar. PMT arus penguat generator utama dilengkapi tahanan yang menampung energi medan magnet generator utama karena jika dilakukan pemutusan arus penguat generator utama harus dibuang ke dalam tahanan.

Sekarang banyak generator arus bolak-balik yang dilengkapi penyearah untuk menghasilkan arus searah yang dapat digunakan bagi penguatan generator utama sehingga penyaluran arus searah bagi penguatan generator utama, oleh generator penguat kedua tidak memerlukan cincin geser karena. penyearah ikut berputar bersama poros generator. Cincin geser digunakan untuk menyalurkan arus dari generator penguat pertama ke medan penguat generator penguat kedua. Nilai arus penguatan kecil sehingga penggunaan cincin geser tidak menimbulkan masalah.

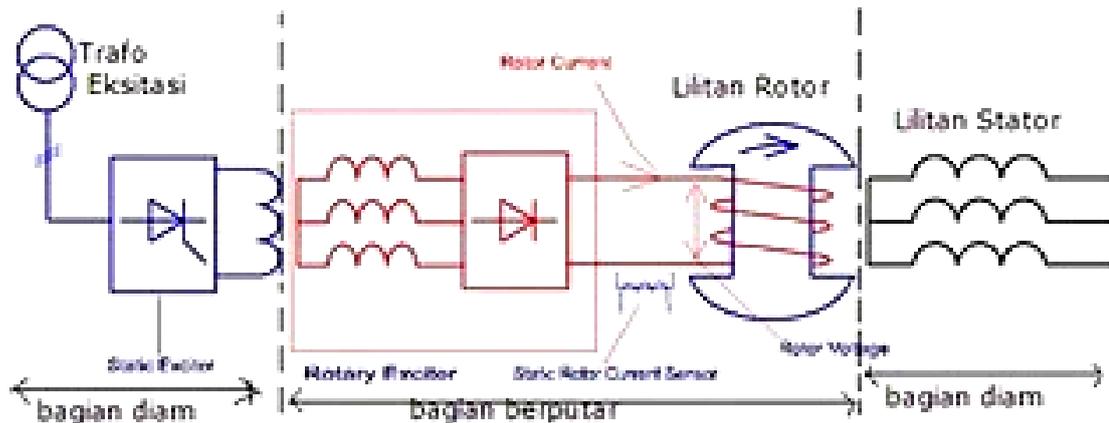
Pengaturan besarnya arus penguatan generator utama dilakukan dengan pengatur tegangan otomatis supaya nilai tegangan klem generator konstan. Pengaturan tegangan otomatis pada awalnya berdasarkan prinsip mekanis, tetapi sekarang sudah menjadi elektronik. Perkembangan sistem eksitasi pada generator sinkron dengan sistem eksitasi tanpa sikat, karena sikat dapat menimbulkan loncatan api pada putaran tinggi. Untuk menghilangkan sikat digunakan dioda berputar yang dipasang pada jangkar.

3.4. Sistem Eksitasi tanpa sikat (brushless excitation)

Penggunaan sikat atau slip ring untuk menyalurkan arus excitasi ke rotor generator mempunyai kelemahan karena besarnya arus yang mampu dialirkan pada sikat arang relatif kecil. Untuk mengatasi keterbatasan sikat arang, digunakan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (brushless excitation).



Gambar 3.2. Sistem Excitacy tanpa sikat (Brushless Escitacy)



Gambar 3.3. Sistem Eksitasi tanpa sikat (Brushless Excitation)

Prinsip kerja sistem Eksitasi tanpa sikat

Generator penguat pertama disebut pilot exciter dan generator penguat kedua disebut main exciter (penguat utama). Main exciter adalah generator arus bolak-balik dengan kutub pada statornya. Rotor menghasilkan arus bolak-balik disearahkan dengan dioda yang berputar pada poros main exciter (satu poros dengan generator utama). Arus searah yang dihasilkan oleh dioda berputar menjadi arus penguat generator utama. Pilot exciter pada generator arus bolak-balik dengan rotor berupa kutub magnet permanen yang berputar menginduksi pada lilitan stator. Tegangan bolak-balik disearahkan oleh penyearah dioda dan menghasilkan arus searah yang dialirkan ke kutub-kutub magnet yang ada pada stator main exciter. Besar arus searah yang mengalir ke kutub main exciter diatur oleh pengatur tegangan otomatis (automatic voltage regulator/AVR).

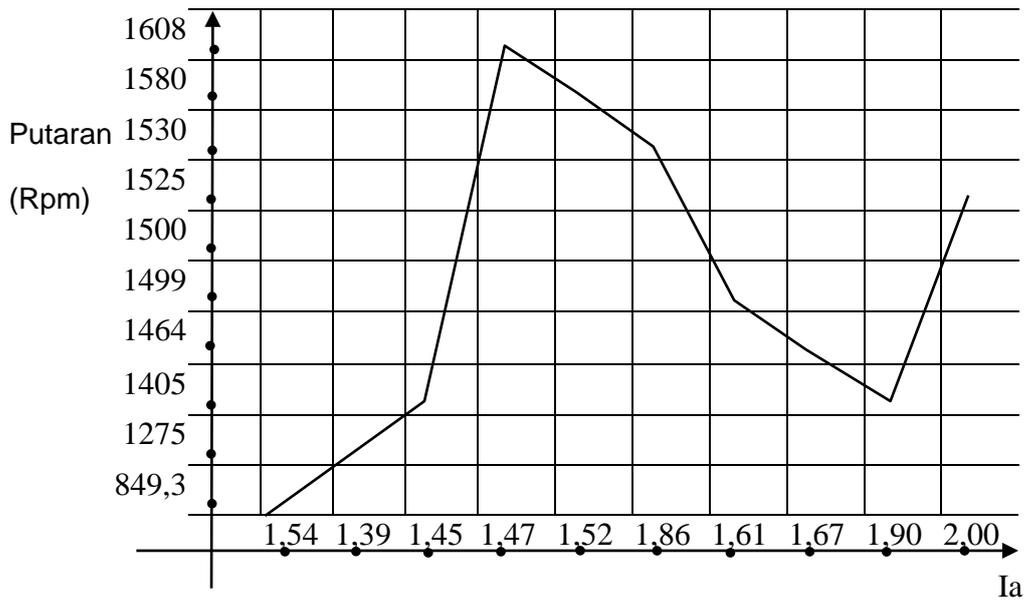
Tabel 2. Data pengukuran Generator synkron Hubung singkat

No	I exct (ampere)	I Rotor (Jangkar)/ampere
1	0,00	0,00
2	0,32	24,8
3	0,71	71,7
4	1,09	117,2
5	1,37	146,1
6	1,79	194,4
7	2,15	235,7
8	2,50	277
9	2,87	316,5
10	3,22	355,4
11	3,59	395,4
12	4,49	500,1
13	5,43	600,6

Tabel 3. Data Pengujian generator sinkron hubung terbuka

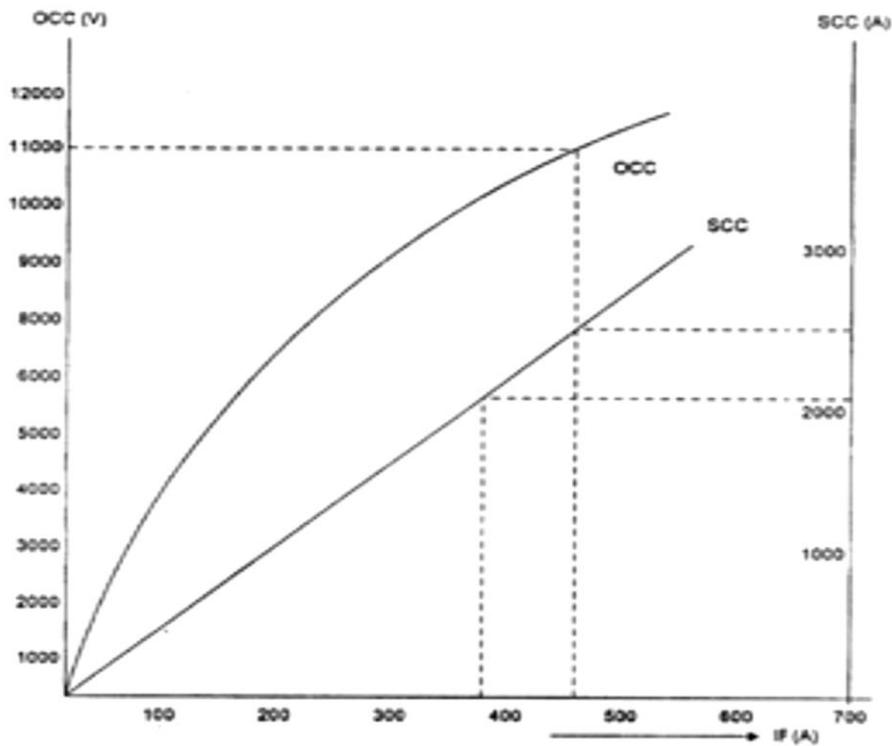
No	I exct (ampere)	Ea (Volt)
1	0,00	412
2	0,17	1044
3	0,46	2164
4	0,71	3006
5	0,96	4300
6	1,19	5500
7	1,44	6500
8	1,57	7141
9	1,70	7704
10	1,80	8246
11	1,92	8787
12	2,12	9346
13	2,20	9679
14	2,40	10441
15	2,72	11011
16	3,02	11543
17	3,30	12100
18	4,56	13211
19	5,97	14297

Dari data pengujian tersebut diatas, maka dapat diberikan kesimpulan bahwa terdapat hubungan antara kenaikan harga penguatan yang diberikan kepada arus penguat masuk ke dalam generator sinkron ,akan dimulai pada posisi 0 A dan tegangan 0 Volt, kemudian secara berangsur - angsur , arus penguat masuk kedalam rotor akan diberikan mulai dari 0 A sampai dengan 778 ,1 V, Setiap harga kenaikan arus penguat masuk kedalam rotor dari generator synkron akan memberikan hasil kenaikan tegangan pada posisi mulai dari 412 V sampai dengan 14, 297 Volt. Grafik hubungan Ia Vs Rpm bisa dilihat pada table 1 dibawah :



Gambar 3.4. Grafik Putaran Generator terhadap arus

Hubungan dari kedua grafik secara linier tersebut dapat tersebut dapat digambarkan seperti gambar 3.5.



Gambar 3.5. Hubungan grafik

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisis perhitungan pada sistem penguatan generator sinkron yang menggunakan sistem AVR dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Tegangan pada terminal generator akan berubah akibat terjadinya reaksi jangkar pada belitan stator.
2. Dengan adanya beban yang berubah - ubah tegangan terminal generator akan ikut berubah, dan penguatan arusnya juga akan ikut berubah. Dengan demikian agar tegangan generator tetap konstan, maka arus penguatannya (*exciter*) diatur.
- 3) a. Tegangan efektif pada sisi terminal generator yang dipersiapkan, relatif tidak selalu sama dengan tegangan jala-jala.
3. Tegangan keluaran pada sisi terminal generator relatif selalu menyesuaikan dengan tegangan jala-jala.
4. Dengan menggunakan sistem AVR perubahan tegangan generator yang terjadi akibat adanya perubahan beban dapat diatasi dengan perolehan tegangan yang relatif konstan pada beban yang berubah-ubah (tabel 3), sementara arus nominal dipenguat medan shunt yang di kendalikan AVR adalah max 6 A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, Ir, 1986, *Mesin Tak Serempak*, Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Ali, M.; Ajiatmo, D.; Nurohmah, H. Analisa Kontrol Daya Induction Furnace Pada Industri Peleburan Logam. *Jurnal Intake : Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan* 2011, 2, 1-14.
- Djiteng , *Operasi Sistem tenaga Listrik*, Balai Penerbit & Humas ISTN, Bhumi Srengseng Indah, Jakarta selatan, 1990
- Fitzgerald A.E. Charles Kingsley, Jr. Stephen D. Umans, Ir. Djoko Achyanto, M.Sc.EE. 1990, *Mesin-mesin Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Malvino, 1984, *Elektronika Principles*, New York Mc. Graw-Hill
- P. Van Harten, 1986, *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*, Walters-Noordhof by. Groningenm Nederlan.
- Suryatmo 1991, *Dasar-Dasar Teknik Listrik*, Bina Adiasara.
- Suhadi, IR. , *Distribusi Arus Bolak-balik*, IKIP negeri Surabaya, 1986
- Sheper, A.H. Murton And L.F. Spence, 1978, *Higher Electrical Engineering*, London; Pitman.
- Theraja B.L., 1984, *Electrical Tecnology*, New Delhi, Contruction and Development Co-Ltd.
- Zuhail, 1988, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, PT. Gramedia, Jakarta.