

Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal

Armansyah, Sudaryanto

Staff Pengajar Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UISU
Jln. SM.Raja Teladan- Medan

Abstrak— Suatu pembangkit listrik biasanya menggunakan generator 3 Phasa karena dengan generator ini dapat diperoleh keluaran daya yang cukup besar. Penguatan dalam generator adalah penting karena terbangkitnya tegangan yang disebabkan sistem penguatan itu sendiri. Besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh generator tergantung pada besarnya arus penguatan dan kecepatan putaran medan magnet yang memotong belitan jangkar generator setelah dihubungkan ke beban. Setelah dihubungkan ke beban tegangan pada generator akan berubah. Hal ini disebabkan dalam belitan jangkar mengalir arus yang melawan medan rotor yang disebut dengan reaksi jangkar. Perubahan ini sesuai dengan perubahan dari sifat beban tersebut. Untuk mengatasi hal ini, maka diperlukan suatu alat pengatur tegangan yang fungsinya mengendalikan arus penguatan yang bekerja manual ataupun otomatis. Tetapi pada umumnya dalam suatu pembangkit yang besar tegangannya adalah bekerja otomatis. Dengan pertimbangan bahwa untuk mempertahankan tegangan terminal yang konstan dalam suatu pembangkit yang besar sangatlah sulit, maka dengan mempergunakan sistem pengatur tegangan dapat diatasi sampai sekecil mungkin pengaruh dari penguatan generator lebih maupun penguatan generator berkurang. Dengan demikian keandalan sistem dapat dipergunakan dalam sistem dapat dipergunakan dalam sistem pembangkit tenaga listrik.

Kata Kunci : Penguatan, Generator, Tegangan

I. PENDAHULUAN

Sistem hanya dilayani oleh sebuah pembangkit, penguatan yang diberikan umumnya penguatan generator lebih pada sifat beban induktif untuk mempertahankan pelayanan beban. Sistem yang digunakan dalam generator berbeban besar yang digerakkan oleh turbin uap yang dicatukan ke penyearah dari lilitan 3 phasa terpisah yang terletak di atas alur stator generator. Fungsi lilitan stator adalah menyediakan daya eksitasi untuk generator. Penguatan yang diberikan dapat saja berubah atau tidak tetap.

Jika dua generator A dan B dihubungkan paralel pada sistem terpisah. Maka daya reaktif

dari generator A dan generator B akan timbul dan jika ingin mengurangi daya reaktif yang diberikan oleh generator A ke B, harus dinaikan arus penguatan pada generator B dalam waktu yang sama, dimana jika penguatan generator lebih (overexciter), generator akan memberi daya reaktif ke sistem.

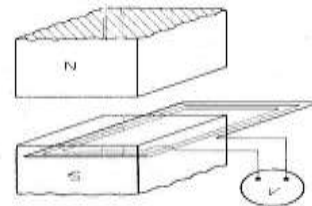
Jumlah beban yang diterima oleh generator yang bekerja paralel tergantung terhadap pengaturan kopel daya yang masuk pada penggerak mula. Perubahan penguatan hanya akan merubah tegangan dan arus yang ke luar dan dapat merubah faktor kerja dari beban yang dibangkitkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian generator

Generator arus bolak-balik disebut juga generator sinkron atau alternator, memberikan hubungan penting dalam proses perubahan energi ke dalam bentuk yang bermanfaat.

Generator sinkron adalah mesin sinkron yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan : Hukum Induksi Faraday : “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik diinduksikan dalam kumparan itu. Besarnya gaya gerak listrik yang diinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan”.

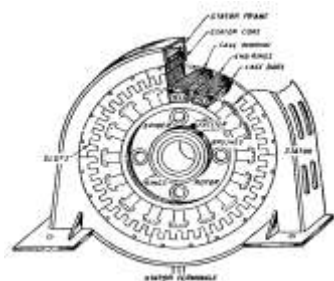


Gambar 1. Gaya gerak listrik diinduksikan dalam setiap lilitan kumparan digerakkan melalui medan magnet

B. Konstruksi generator

Dari segi konstruksi luar, generator sinkron yang menggunakan sikat memiliki konstruksi luar

atau rumah stator lebih besar dibandingkan generator sinkron yang tanpa sikat, hal ini disebabkan rotor yang dipergunakan pada generator sistem tanpa sikat adalah rotor kutub dalam, generator sinkron yang menggunakan sikat dengan generator tanpa sikat yaitu dengan medan berputar dan jangkar yang diam.



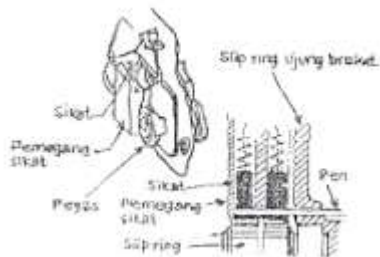
Gambar 2. Konstruksi umum generator

C. Sistem penguatan generator

Penguatan pada generator berfungsi sebagai pengatur generator dalam pembangkitan tegangan listrik dan output tegangan generator itu sendiri. Gaya gerak listrik (ggl) yang ditimbulkan generator disebabkan perpotongan medan magnet atau fluksi dengan konduktor. Medan magnetnya dapat berupa magnet buatan atau magnet permanen. Penguatan untuk generator adalah berupa arus dc, arus dc tersebut dapat diperoleh dari sumber arus searah atau dari arus ac yang di suplai.

D. Sistem pakai sikat

Pada sistem eksitasi pakai sikat, sebagai pengeksitasi digunakan generator exciter berdaya kecil yang membangkitkan gaya gerak listrik arus ac, arus ac yang dihasilkan kemudian di searahkan oleh komutator yang kemudian tegangan disuplai ke rotor penguat generator melalui cincin geser dan sikat-sikat sistem eksitasi ini berfungsi untuk penguatan medan magnet yang terdapat pada belitan medan generator. Biasanya sikat ini lekatkan bersamaan dengan slip ring yang berbentuk cincin yang mengelilingi poros dari rotor



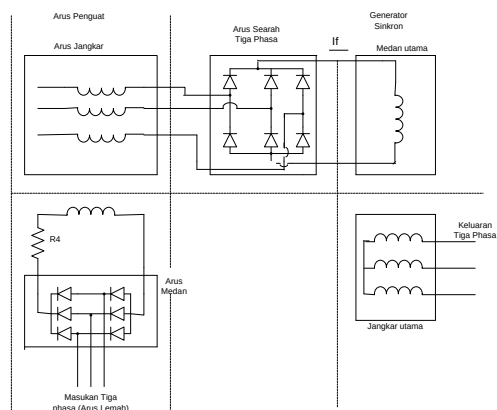
Gambar 2. Kontruksi dan tempat dudukan sikat pada generator

Penggunaan sistem penguatan pakai sikat memiliki keuntungan dan kerugian. Keuntungan-

nya antara lain lebih mudah dalam hal perbaikan bila terjadi kerusakan dan harga sistem ini lebih mudah. Sedangkan kerugiannya yaitu tegangan tidak stabil dalam setiap perubahan beban yang terjadi maka mengganti sikat-sikat secara berkala sebagai akibat gesekan yang terjadi terus menerus sehingga sikat-sikat menipis. Daya yang dihasilkan suplai belitan medan tidak cukup besar sehingga kemampuan daya yang dihasilkan terbatas dan perbaikan, pemeliharaan harus sering dilakukan secara berkala.

E. Sistem tanpa sikat

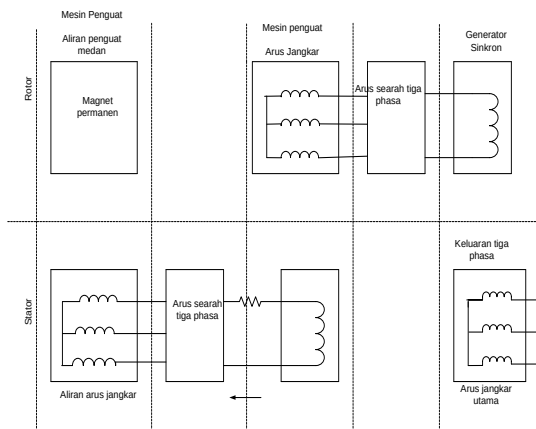
Untuk generator sinkron yang berkapasitas besar, penguat tanpa sikat digunakan untuk mensuplai arus dc ke belitan medan yang ada pada rotor generator. Penguat tanpa sikat ini adalah sebuah generator kecil dimana rangkaian medannya berada di rotor. Output tiga fasa dari generator penguat ini disearahkan oleh penyearah untuk mendapatkan sumber arus searah untuk mensuplai arus medan ke generator sinkron. Dengan mengatur besar arus penguat ini, memungkinkan untuk menyetel arus medan pada generator sinkron tanpa slip dan sikat. Pengaturan ini diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian penguat tanpa sikat

Karena tidak adanya kontak mekanis langsung maka penguatan tanpa sikat ini membutuhkan perawatan yang lebih kecil dibandingkan dengan yang menggunakan slip ring dan sikat. Dalam hal ini untuk mendapatkan penguatan generator secara lengkap dan tidak tergantung dari sumber daya dari luar (external), maka pada sistem ini biasanya dilengkapi pengendali penguat yang kecil (Small Pilot Exiter). Pengendali penguat yang kecil ini merupakan sebuah generator arus ac yang kecil dengan magnet yang permanen pada rotornya dan belitan tiga fasa pada statornya. Alat ini menghasilkan daya untuk rangkaian medan sebagai penguat yang mengontrol arus medan generator sinkron. Bila pengendali penguat yang kecil ini dilengkapi poros generator sinkron maka tidak diperlukan lagi sumber daya dari luar pada

saat generator beroperasi, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema penguat tanpa sikat yang dilengkapi dengan aliran penguat

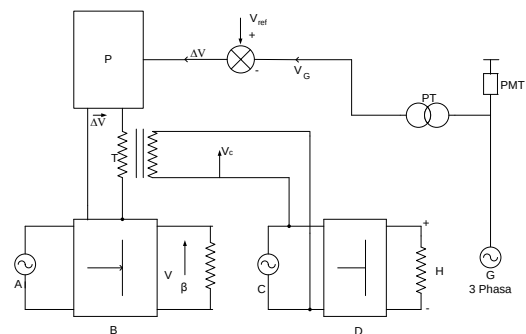
Generator sinkron yang dilengkapi dengan penguatan tanpa sikat ini, juga dilengkapi dengan slip ring dan sikat tersebut sebagai cadangan ketika penguatannya mengalami gangguan, sehingga generator membutuhkan arus penguat dari sumber daya dari luar dengan kata lain bahwa sikat dan slipring berfungsi sebagai cadangan pada kondisi darurat (emergency).

F. Prinsip kerja AVR

Generator pada umumnya dilengkapi dengan pengatur tegangan otomatis untuk mengatur tegangan agar nilainya tetap konstan walaupun bebannya berubah-ubah. Untuk ini pengatur tegangan otomatis mendapat masukan tegangan generator dan keluarannya adalah pengatur rangkaian arus penguat. Dalam mengatasi perubahan pada generator ac setelah dihubungkan ke beban diperlukan alat untuk mengatur agar tegangan generator tetap stabil. Cara yang biasa dilakukan untuk ini adalah dengan menggunakan alat bantu yang disebut dengan pengatur tegangan (Voltage Regulator) untuk mengendalikan besarnya eksitasi medan dc yang dicatukan pada generator. Apabila tegangan generator turun karena perubahan beban, maka pengatur tegangan secara otomatis menaikkan pembangkit medan sehingga tegangan kembali normal. Sama halnya bila tegangan terminal naik karena perubahan beban, pengatur mengembalikan tegangan normalnya dengan mengurangi eksitasi medan.

Diagram blok yang menggambarkan kedudukan pengatur tegangan otomatis dalam rangkaian arus penguat generator tegangan dari generator utama G diukur melalui transformator tegangan (PT) dimasukan disekitar pembanding H. Tegangan generator V_{Gen} dibanding dengan tegangan referensi V_{Ref} , selisihnya $\Delta V = V_{Gen} - V_{Ref}$ dimasukan ke penguat kesalahan

P, sehingga ke luar dari P, ΔV telah diperkuat menjadi $\Delta V'$. $\Delta V'$, kemudian dipakai untuk penguat daya B yang tugasnya mengatur penguatan terhadap daya yang dihasilkan generator A (Power Amplifier).



Gambar 5. Rangkaian penguat generator pengatur tegangan otomatis

Dimana :

- A = Generator ac dengan kutub magnet permanen, generator penguat pembantu
- B = Penguat daya (Power Amplifier)
- C = Generator arus ac untuk menghasilkan arus penguat, generator penguat utama
- D = Penyearah
- G = Generator utama yang diatur tegangannya
- PT = Transformator tegangan
- PMT = Pemutus tenaga
- H = Sirkuit pembanding
- P = Penguat kesalahan (error amplifier)
- T = Stabilizing transformer

Generator A adalah generator dengan magnet permanen pada stator yang kemudian menghasilkan tegangan ac pada rotornya kemudian dimasukkan ke dalam penguat daya B yang penguatannya diatur oleh $\Delta V'$. Apabila $\Delta V' = 0$ jadi juga $\Delta V = 0$ maka ini berarti tegangan generator sudah sama dengan yang dikehendaki, arus medan yang dihasilkan generator penguat utama C sudah cukup besarnya.

Apabila tegangan generator utama G yaitu V_{Gen} lebih rendah dari tegangan referensi V_{Ref} yang dikehendaki misalnya karena ada penambahan beban reaktif dalam sistem, maka $\Delta V' < 0$ karena ΔV yang diperkuat menjadi $\Delta V'$ adalah $V_{Ref} - V_{Gen}$. Nilai $\Delta V = 0$ ini akan menyebabkan penguat daya B menambah arusnya kepada rangkaian penguat generator pengatur C disearahkan melalui rangkaian penyearah D menjadi arus dc, yaitu arus penguat generator utama G. Dengan penguat C bertambah, maka tegangannya akan naik sehingga diharapkan bisa kembali mencapai nilai $= V_{Ref}$ yang dikehendaki.

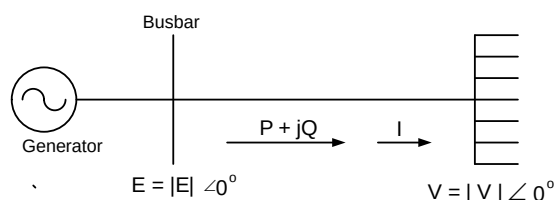
Secara fisik pengatur tegangan otomatis generator terdiri dari H, P dan B. maka masukannya adalah tegangan stator generator A yang mempunyai kutub magnet permanen pada

rotornya. Keluaran pengatur tegangan otomatis generator adalah arus dc yang dialirkan ke stator yang berupa kutub magnet generator penguat utama C. Rotor dari generator C menghasilkan generator ac yang disearahkan oleh penyearah D menjadi arus dc yang merupakan arus penguat generator utama G. Penyearah D turut berputar karena ada pada rotor, sedangkan kutub-kutub magnet generator utama G juga ada pada rotor sehingga dengan demikian tidak diperlukan sikat dan slip ring dalam rangkaian penguat, suatu hal yang menguntungkan bagi keperluan operasi dan pemeliharaan. Stabilizing transformer T bertugas memberi umpan balik terhadap $\Delta V'$, menghambat kenaikan $\Delta V'$. dengan jalan memberi arus yang sebanding dengan tegangan V_c yang dibangkitkan oleh generator penguat C. dengan adanya umpan balik ini diharapkan agar proses pengaturan tegangan berlangsung dengan stabil.

III. PEMBAHASAN DAN ANALISA

A. Hubungan daya reaktif dengan tegangan

Daya yang disalurkan suatu pembangkit adalah dalam bentuk daya reaktif. daya reaktif ini timbul setelah generator dihubungkan pada suatu jaringan. Adapun hubungan daya reaktif dengan tunjukkan pada Gambar 6 yang menggambarkan sebuah saluran jaringan pendek dengan aliran dayanya.



Gambar 6. Aliran daya melalui saluran pendek

Dari Gambar 6 didapat persamaan:

$$V = E - IZ$$

$$EI = P + jQ$$

Dimana

- E = Tegangan yang dibangkitkan
- I = Arus
- P = Daya reaktif
- Q = Daya aktif

Selanjutnya

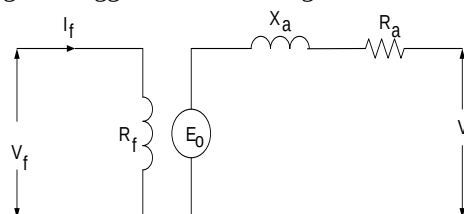
$$I = \frac{P - jQ}{E}$$

Apabila resistansi pada saluran diabaikan maka persamaan menjadi :

$$V = E - j \frac{P.X}{E} - \frac{Q.X}{E}$$

B. Hubungan arus medan terhadap output generator pada saat tanpa beban

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator generator utama sehingga tidak terdapat reaksi jangkar. Dengan demikian tegangan yang dibangkitkan pada jangkar akan sama dengan tegangan pada terminal generator. Pada Gambar 7 akan dijelaskan secara teoritis dengan menggunakan suatu rangkaian ekuivalen.



Gambar 7. Rangkaian ekuivalen perphasa pada keadaan tanpa beban

Dari rangkaian didapat persamaan tegangan :

$$E = V + I_a Z_a$$

Karena tanpa beban maka maka terminal generator terbuka dan arus tidak mengalir berarti

$$I_a = 0$$

Maka

$$E = V$$

Tegangan induksi perphasa:

$$E = C.n.\phi$$

$C.n$ merupakan konstanta = K, maka persamaannya adalah:

$$E = K.\phi$$

Karena $\phi \approx I_m$ sehingga persamaan berubah menjadi :

$$E = K I_m$$

Dari persamaan terlihat bahwa besar tegangan output berbanding lurus dengan arus medannya (I_m) atau dengan kata lain untuk mendapatkan suatu tegangan yang besar maka dibutuhkan arus medan yang besar juga.

B. Hubungan arus medan terhadap output generator pada saat berbeban

Dalam keadaan berbeban arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar, sehingga menimbulkan fluksi jangkar. Karena reaksi jangkar ini bersifat reaktif maka disebut juga dengan reaksi magnet (X_m). X_m ini bersama-sama dengan fluksi bocor (X_a) yang dikenal dengan reaksi sinkron (X_s) dan rangkaian ekuivalennya ditunjukkan seperti Gambar 8 dari gambar tersebut diperoleh persamaan :

$$V = E_a + j I_{xm}$$

$$E_a = V + I R_a + j I X_s$$

$$E_a = V + j I (X_m + X_a) I_a R_a$$

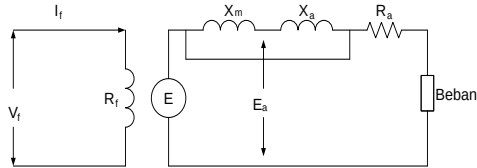
Dimana:

$$X_s = X_m + X_a$$

$$Z_s = R_a + j X_s$$

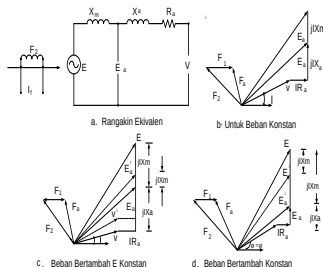
Maka persamaan di atas menjadi :

$$E_a = V + I Z_s$$



Gambar 8. Rangkaian ekivalen perphasa pada saat beban

Untuk beban-beban tertentu diagram fasornya ditunjukkan pada Gambar 7 (b) V adalah tegangan terminal dan I arus beban yang mengalir pada stator karena adanya reaksi jangkar harga X_m yang tidak konstan tetapi berubah sesuai dengan perubahan beban. Untuk mendapatkan gaya gerak listrik E konstan, F_2 harus dibuat konstan. Jika arus medan I bertambah reaksi jangkar F_1 bertambah dan jumlah vektor F_a menjadi lebih kecil, demikian pula V yang bertambah besar adalah reaktansi X_m sedangkan X_a konstan perhatikan Gambar 9.



Gambar 9. Diagram potier

Untuk mendapatkan tegangan terminal V konstan, pada saat beban bertambah E_a harus dibuat konstan, berarti F_a juga harus konstan, dan F_2 diperbesar dengan menambah arus penguat ditunjukkan pada Gambar 8d.

Misalkan Alternator 3 fasa, 600 kVA, 400 Volt mempunyai 20% dan tahanan diabaikan. Faktor daya 0,8 tertinggal pada keadaan beban penuh. Bila pada saat medan penguat ditambah, gaya gerak listrik naik 5%, 10% dan 15% dari keadaan beban penuh hitunglah arus dan faktor daya yang baru.

Penyelesaian

$$\text{Arus beban penuh } I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_1 = \frac{600 \times 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 866 \text{ Amper}$$

$$\text{Tegangan perphasa } = V_{L-N} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230 \text{ Volt}$$

$$\text{reak tan si} = 25\% \times 230 = 866 X_s$$

$$866 X_s = 57,5$$

$$X_s = \frac{57,5}{866} = 0,066 \text{ Ohm}$$

Tegangan gaya gerak listrik

$$E = V + I_1 X_s$$

$$= 230 + 866(0,8 + j0,6) j 0,066$$

$$= 230 + 45,72 + j 34,27$$

$$= 275,72 + j 34,29 \text{ Voly}$$

$$|E| = (275,72)^2 + (34,29)^2 = 277,29 \text{ Volt}$$

a. Pada saat penguatan dinaikkan 5%, maka

$$E = 0,05 \times 277,84 = 13,89 \text{ Volt}$$

$$E = 277,84 + 13,89$$

$$= 291,73 \text{ Volt}$$

Bagian daya aktif tidak berubah sehingga diperoleh

$$\text{Arus setelah dinaikkan} = 866 - 5\% \times 43,3$$

$$= 866 - 43,3$$

$$= 822,7$$

$$291,73 = \text{besaran dari } [230(822,7 - j I_2) j 0,066]$$

$$= \sqrt{(230 + 0,066 I_2)^2 + (54,29)^2}$$

$$(291,73)^2 = (230 + 0,066 I_2)^2 + 54,29^2$$

$$85106,39 = 52900 + 30,36 I_2 + 0,0043 I_2^2 + 2947,40$$

$$= 0,0043 I_2^2 + 30,36 I_2 - 29258,99$$

$$= I_2^2 + 7060,46 I_2 - 6804416,2$$

$$I_{2(1-2)} = \frac{-7060,46 \pm \sqrt{(7060,46)^2 - 4(-6804416,2)}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{4950095,41 + 27217664,8}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{77067760,21}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm 8778,82}{2}$$

$$I_{2-1} = \frac{7060,46 + 8778,82}{2}$$

$$= \frac{1718,36}{2}$$

$$= 859,18 \text{ amper}$$

$$\text{Arus beban baru } I = \sqrt{(822,7)^2 + (859,18)^2}$$

$$= 1189,5 \text{ amper}$$

$$\text{faktor daya yang baru} = \frac{822,7}{1189,5} = 0,69 \text{ tertinggal}$$

b. Pada saat penguatan dinaikkan 10%, maka

$$E = 0,10 \times 277,84 = 27,78 \text{ Volt}$$

$$E = 277,84 + 27,84$$

$$= 305,62$$

$$\text{Arus setelah dinaikkan} = 866 - 10\% \times 866$$

$$= 866 - 86,6$$

$$= 779,4 \text{ amper}$$

Bagian daya aktif tidak berubah sehingga diperoleh

$$305,62 = \text{besaran dari } [230(779,4 - j I_2)j0,066]$$

$$= \sqrt{(230 + 0,066 I_2)^2 + (51,99)^2}$$

$$(305,62)^2 = (230 + 0,066 I_2)^2 + 51,44^2$$

$$93403,58 = 52900 + 30,36 I_2 + 0,0043 I_2^2 + 2646,07$$

$$0,0043 I_2^2 + 30,36 I_2 - 37857,51$$

$$= I_2^2 + 7060,46 I_2 - 8804072,09$$

$$I_{2(1-2)} = \frac{-7060,46 \pm \sqrt{(7060,46)^2 - 4(-8804072,09)}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{49850095,41 + 35216288,36}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{85066383,77}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm 9223,14}{2}$$

$$I_{2-1} = \frac{7060,46 + 9223,14}{2} = 1081,34 \text{ amper}$$

Arus beban baru:

$$I = \sqrt{(822,7)^2 + (1081,34)^2}$$

$$= 1332,95 \text{ amper}$$

Faktor daya yang baru

$$= \frac{779,4}{1332,95} = 0,58 \text{ tertinggal}$$

c. Pada saat penguatan dinaikkan 15%, maka

$$E = 0,15 \times 277,84 = 41,67 \text{ Volt}$$

$$E = 277,84 + 41,67$$

$$= 319,51 \text{ Volt}$$

$$\text{Arus setelah dinaikkan} = 866 - 15\% \times 866$$

$$= 866 - 129,9$$

$$= 736,1 \text{ amper}$$

Bagian daya aktif tidak berubah sehingga diperoleh

$$319,51 = \text{besaran dari } [230(736,1 - j I_2)j0,066]$$

$$= \sqrt{(230 + 0,066 I_2)^2 + (48,58)^2}$$

$$(305,62)^2 = (230 + 0,066 I_2)^2 + 4858^2$$

$$102086,64 = 52900 + 30,36 I_2 + 0,0043 I_2^2 + 2360,01$$

$$= 0,0043 I_2^2 + 30,36 I_2 - 46826,63$$

$$= I_2^2 + 7060,46 I_2 - 10889913,95$$

$$I_{2(1-2)} = \frac{-7060,46 \pm \sqrt{(7060,46)^2 - 4(-10889913,95)}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{49850095,41 + 43559655,81}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm \sqrt{93409751,22}}{2}$$

$$= \frac{-7060,46 \pm 9664,87}{2}$$

$$I_{2-1} = \frac{7060,46 + 9664,87}{2} = 1302,20 \text{ amper}$$

Arus beban baru

$$I = \sqrt{(822,7)^2 + (1302,20)^2}$$

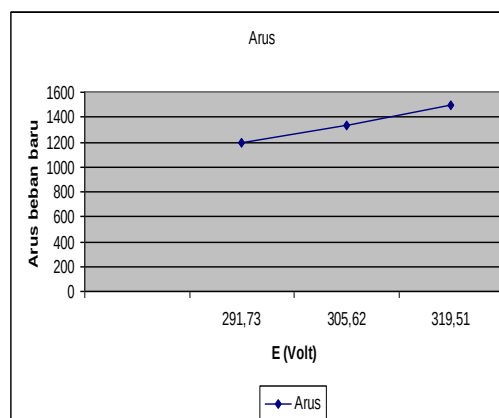
$$= 1495,85 \text{ amper}$$

$$\text{Faktor daya yang baru} = \frac{736,1}{1495,85} = 0,49 \text{ tertinggal}$$

Setelah didapat hasil dari perubahan arus penguatan medan, maka dapat ditabelkan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Persentase perubahan arus penguatan Medan terhadap tegangan dan faktor daya

No	Persentase I_f	E (Volt)	Cos φ
1.	5	291,73	0,69 tertinggal
2.	10	305,62	0,58 tertinggal
3.	15	319,51	0,49 tertinggal



Gambar 10. Grafik hubungan antara arus baru dan tegangan pada saat arus penguatan dinaikkan sebesar 5%, 10%, dan 15%.

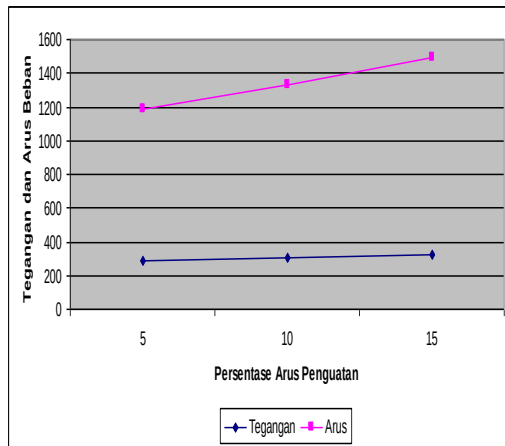
IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

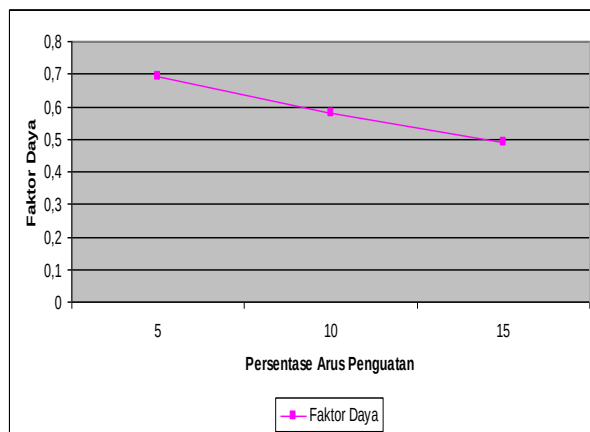
1. Pada hasil analisa diperoleh semakin besar perubahan arus (I_f) apabila penguatan dinaikkan maka tegangan generator yang dibangkitkan semakin besar pula.
2. Hubungan antara arus dan tegangan pada saat penguatan dinaikkan sebesar 5%, 10%, dan 15% adalah berbanding terbalik dimana semakin besar perubahan arus penguatan medan yang dihasilkan maka semakin besar pula tegangan yang dibangkitkan, hal ini sesuai dengan rumus: $V=I.R$
3. Pada faktor daya $\cos \phi$ dapat disimpulkan bahwa hubungan antara perubahan pada penguatan medan pada faktor daya itu sendiri yang berbanding terbalik, semakin besar penguatan yang dinaikkan maka semakin kecil faktor daya yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E.Fitzgerald Charles kingsley,Jr, 1986, **Mesin-Mesin Listrik**, Edisi Ke Empat, Erlangga, Jakarta.
- [2] Champan S, J, **Electrical Mechinery Fundamental**, Mc Graw Hill, 1985.
- [3] Djiteng Marsudi, 1990, **Operasi Sistem Tenaga Listrik**, Balai penerbit HUMAS ISTN, Jakarta Selatan.
- [4] Lister, 1993, **Mesin dan Rangkaian Listrik**, Edisi Ke Enam, Erlangga, Jakarta.
- [5] Sumanto, 1996, **Mesin Sinkron**, Andi Yogyakarta.
- [6] Yon Rijjono, 1977, **Dasar Teknik tenaga Listrik**, Andi Yogyakarta, Yogyakarta.



Gambar 11. Grafik hubungan antara persentase arus penguatan yang dinaikkan pada 5%, 10%, dan 15% terhadap tegangan dan arus beban



Gambar 12. Grafik hubungan antara persentase penguatan yang dinaikkan pada 5%, 10%, dan 15% terhadap faktor daya

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

4. Pada hasil analisa diperoleh semakin besar perubahan arus (I_f) apabila penguatan dinaikkan maka tegangan generator yang dibangkitkan semakin besar pula.
5. Hubungan antara arus dan tegangan pada saat penguatan dinaikkan sebesar 5%, 10%, dan 15% adalah berbanding terbalik dimana semakin besar perubahan arus penguatan medan yang dihasilkan maka semakin besar pula tegangan yang dibangkitkan. Hal ini sesuai dengan rumus: $V = I \cdot R$
6. Pada faktor daya $\cos \phi$ dapat disimpulkan bahwa hubungan antara perubahan pada penguatan medan pada faktor daya itu sendiri yang berbanding terbalik, semakin besar penguatan yang dinaikkan maka semakin kecil faktor daya yang diperoleh.

Saran

1. Pemilihan secara teratur dan kontiniu terhadap peralatan perlu lebih ditingkatkan agar dapat memperpanjang umur (life-time) dari peralatan.
2. Sebaiknya setiap penggerak mula generator haruslah dapat diatur putarannya sehingga generator tersebut dapat secara bergantian paralel.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.E. Fitzgerald Charles Kingsley, Jr, *Mesin-Mesin Listrik*, Edisi Ke Empat, Erlangga, Jakarta, 1986.
2. Chapman S, J, *Electrical Machinery Fundamentals*, Mc Graw Hill, 1985.
3. Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai penerbit HUMAS ISTN, Jakarta Selatan, 1990.
4. Lister, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Edisi Ke Enam, Erlangga, Jakarta, 1993.
5. Sumanto, *Mesin Sinkron*, Andi Yogyakarta, 1996.
6. Yon Rijjono, *Dasar Teknik tenaga Listrik*, Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 1977.

Zuhal, *Dasar Tenaga Listrik*, ITB, Bandung, 1986.

Namun demikian, manfaat osiloskop harus dibayar dengan harga yang tinggi, karena sebuah osiloskop sangat mahal untuk dimiliki secara pribadi. Hal ini menimbulkan ide untuk membuat osiloskop dengan menggunakan komputer sebagai perangkat keras utama dilengkapi dengan peralatan antarmuka (interface) yang sesuai. Dalam penelitian ini, peralatan antarmuka yang dipilih untuk digunakan adalah sound card.

Daftar Pustaka

- Cantù, Marco, 1995, *Mastering Delphi*, Sybex, San Fransisco
- Mueller, Scott, 2003, *Upgrading and Repairing PCs*, 14th Edition, Vol. 3 (Terjemahan), Penerbit Andi, Yogyakarta, 2003.
- Putra, Agfianto Eko, 2002, *Teknik Antarmuka Komputer: Konsep dan Aplikasi*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Rizkiawan, Rizal, 1997, *Tutorial Perancangan Hardware 2*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- _____, *The Oscilloscope*, <http://www.cs.tcd.ie/courses/baict/bac/jf/labs/scope/oscilloscope.html>
- _____, *Sound Card*, <http://computing-dictionary.thefreedictionary.com/soundcard.html>
- _____, *Sound Card*, http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_card.html
- _____, *Using a Sound Card in QBasic*, <http://www.phys.uu.nl/~bergmann/soundblaster.html>