

Makalah Seminar Tugas Akhir**Analisa Setting Mho Rele Sebagai Proteksi Hilang Penguat Generator**

Oleh : Edi Subeno

NIM : L2F097629

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

2002

ABSTRAK

Bila arus eksitasi generator hilang, akibat adanya kerusakan pada sistem eksitasi, sedangkan generator masih terhubung dengan jala-jala kelistrikan, maka generator akan menarik daya reaktif dari sistem kelistrikan dan bertindak sebagai generator induksi. Peristiwa ini dikenal sebagai gangguan hilang penguat (Loss of Field).

Gangguan hilang penguat generator dapat berupa penurunan GGL generator tanpa disertai adanya slip dan penurunan GGL generator yang disertai dengan slip. Untuk mengatasi terjadinya gangguan-gangguan di atas, pada unit pembangkit dipasang rele proteksi di sisi generator untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat (Loss of Field) pada generator.

Tugas akhir ini membahas analisa tentang perhitungan setting untuk Mho rele yang digunakan sebagai proteksi terhadap adanya hilang penguat pada generator serta daerah proteksi yang dapat dijangkau oleh Mho rele tersebut. Setting rele proteksi hilang penguat kemudian dibandingkan dengan respon generator saat mengalami gangguan hilang penguat, dengan demikian dapat diketahui apakah setting rele proteksi hilang penguat yang digunakan sudah tepat untuk mengatasi adanya gangguan hilang penguat pada generator.

I. LATAR BELAKANG

Dalam pengoperasian generator dibutuhkan adanya kestabilan dari tegangan yang dibangkitkan. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi besarnya tegangan keluaran adalah medan eksitasi. Dengan eksitasi yang lemah, maka e.m.f. fasa (E) dari generator akan lebih rendah dibandingkan dengan tegangan terminal (V) sehingga mesin akan bekerja pada faktor daya leading. Kekurangan eksitasi ini akan menyebabkan generator berputar pada kecepatan konstan, di atas kecepatan sinkron dan bekerja sebagai generator induksi. Hal ini akan berpengaruh terhadap kestabilan sistem, karena generator yang kehilangan eksitasinya akan menarik daya reaktif (VAR) dari sistem.

Untuk mendeteksi adanya hilang penguatan pada generator dapat digunakan beberapa macam rele proteksi, yaitu Rele arus kurang (*Under Current Relay*) dan Rele Jarak (*Distance Relay*). Rele arus lebih kurang dapat dipakai pada sirkuit medan, untuk itu digunakan Rele Jarak. Rele jarak yang paling banyak digunakan adalah Mho Rele. Hal ini karena Mho rele mempunyai karakteristik yang paling cocok untuk digunakan sebagai proteksi hilang penguat.

Dalam penggunaan Mho rele sebagai proteksi hilang penguat ditemukan permasalahan yang sangat mendasar, yaitu apakah setting dari Mho rele tersebut sudah dapat meng-kover daerah proteksi yang dibutuhkan, dengan kata lain apakah terjadi *out of setting* dari Mho rele tersebut. Untuk itu

dibutuhkan suatu simulasi dari kerja Mho rele sebagai proteksi hilang penguat.

II. TUJUAN

Tujuan yang akan dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Menentukan nilai setting Mho rele dan daerah operasi kerja rele sebagai proteksi terhadap gangguan hilang penguat (*Loss Of Field*) generator.
2. Mensimulasikan respon generator saat terjadi gangguan ke dalam bentuk perangkat lunak.
3. Mengetahui kebenaran setting Mho rele sebagai proteksi hilang penguat dibandingkan dengan respon generator saat terjadi gangguan hilang penguat.

III. BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Ruang lingkup analisa adalah setting Mho rele sebagai proteksi hilang penguat serta daerah operasinya dan respon generator saat terjadi gangguan hilang penguat.
2. Analisa gangguan hilang penguat untuk kondisi generator berupa penurunan GGL generator tanpa disertai slip dan penurunan GGL generator yang disertai dengan adanya perubahan slip yang tidak dapat diatasi oleh unit pembatas arus eksitasi kurang (*Under Exciter Limiter = UEL*).

3. Model sistem tenaga listrik yang digunakan adalah sebuah generator yang terhubung dengan *infinite bus* dan sistem (beban).
4. Analisa dibatasi hanya untuk proteksi pada pembangkit berupa proteksi hilang penguat generator.
5. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Delphi release 6.0 sebagai program bantu dalam pemodelan setting rele dan respon sistem.

IV. GANGGUAN HILANG PENGUAT GENERATOR

Proses Terjadinya Hilang Penguat Generator

Gangguan hilang penguat generator adalah kondisi abnormal operasi sistem tenaga dimana generator tidak mendapatkan suplai arus dc sebagai arus eksitasi agar dihasilkan tegangan keluaran pada terminal stator. Kegagalan dalam sistem eksitasi ini dapat disebabkan oleh ^[1] :

1. Breaker medan mengalami trip.
2. Hubung buka belitan medan.
3. Hubung singkat belitan medan (percikan api pada *slip ring*).
4. Sistem regulasi mengalami kegagalan.
5. Hilangnya suplai daya ke sistem eksitasi.

Akibatnya kopling magnetik (*magnetic coupling*) antara rotor dan stator melemah, sehingga putaran rotor bertambah cepat sehingga bisa terjadi kehilangan keserampakan (*loss of synchronism*) dan mengakibatkan generator bekerja sebagai generator induksi, yang akan menyebabkan :

1. Terjadinya pengambilan daya reaktif dari sistem oleh generator untuk digunakan sebagai eksitasi. Besarnya daya reaktif yang diambil ini berkisar antara 2 – 4 kali rating KVA generator ^[11], yang dapat menimbulkan ketidakstabilan pada sistem.
2. Naiknya temperatur rotor yang disebabkan karena pengaliran arus induksi yang besar, sehingga menyebabkan perubahan sifat mekanis peralatan-peralatan pada rotor.
3. Penurunan tegangan terminal generator dengan cepat (± 10 ÷ 15 detik) ^[11], terutama pada generator tanpa AVR.
4. Kenaikan temperatur pada stator akibat naiknya arus stator (± 2 ÷ 4 I_{nom}) ^[11].

Formulasi Gangguan Hilang Penguat

Pada saat generator mengalami hubung singkat secara tiba-tiba, maka untuk sesaat putaran generator akan mengalami perubahan. Perubahan putaran generator yang berarti perubahan slip putaran generator terhadap sistem akan mengakibatkan perubahan pula pada nilai impedansi generator. Perubahan nilai impedansi

generator ini tergantung pada nilai slip yang terjadi seperti terlihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Impedansi generator terhadap slip ^[14]

Slip (%)	Reaktansi generator
0	X _d
0.065	0.8 x X _d
0.1	0.7 x X _d
0.33	2 x X' _d
50	X' _d
100	X'' _d

Untuk nilai slip lainnya, nilai impedansi generator di dapatkan dari interpolasi data yang ada.

Untuk analisa gangguan hilang penguat generator digunakan perumusan kondisi perubahan tegangan dan arus generator saat terjadi gangguan hilang penguat generator sebagai berikut ^[14] :

1. Gangguan hilang penguat berupa penurunan GGL generator tanpa disertai dengan terjadinya slip pada rotor generator.
2. Gangguan hilang penguat berupa penurunan GGL generator disertai dengan terjadinya slip pada rotor generator.

Gangguan hilang penguat berupa penurunan GGL generator tanpa disertai dengan terjadinya slip pada rotor generator

Pada gangguan hilang penguat kondisi tanpa slip, maka tegangan GGL generator akan mengalami penurunan dari kondisi normalnya dan putaran generator masih sinkron atau tidak terjadi slip atau nilai slip adalah 0 %. Sesuai tabel 4.1, maka nilai impedansi generator (Z_g) adalah sama dengan reaktansi sinkronnya (X_d).

Perubahan nilai maksimum GGL generator :

$$E_{gl}(y) = \left[n - \left(\frac{y}{a} \right) \cdot n \right] \cdot E_{sm} \dots\dots\dots(4.1)$$

- dimana E_{sm} = teg. mak. sistem (p.u.)
 n = E_g/E_{sm} pada kondisi awal
 y/a = 0 ... 1
 a = konstanta.

Dengan impedansi total antara generator dan sistem adalah Z_{tot}, maka arus di generator adalah :

$$I_{lr}(y) = \frac{E_{gl}(y) \cdot e^{j \cdot \theta_{ga}} - E_{sm}}{Z_{tot}} \dots\dots\dots(4.2)$$

dan tegangan di terminal generator adalah :

$$V_{Vr}(y) = E_{gl}(y) \cdot e^{j \cdot \theta_{ga}} - I_{lr}(y) \cdot Z_g \dots\dots\dots(4.3)$$

dimana :

θ_{ga} = kondisi awal sudut GGL generator thd tegangan sesaat sistem (es)

Dari persamaan (4.2) dan (4.3) di atas maka bisa didapatkan perubahan impedansi generator yang dilihat di terminal generator :

$$Z(y) = \frac{VVr(y)}{Irr(y)} \dots\dots\dots(4.4)$$

Gangguan hilang penguat berupa penurunan GGL generator disertai dengan terjadinya slip pada rotor generator

Penurunan arus eksitasi yang mengakibatkan terjadinya slip baru akan terjadi jika ^[14] : (1) penurunan arus eksitasi tidak dapat diatasi oleh pembatas arus eksitasi kurang (*Under Exciter Limiter = UEL*) dan (2) batas stabilitas pada keadaan mantap dilampaui.

Nilai impedansi generator (Z_g) akan mengalami perubahan dengan nilai sesuai tabel 4.1 di atas. Besar sudut rotor :

$$\theta_s(y) = \frac{2 \cdot \pi \cdot y}{T} \dots\dots\dots(4.5)$$

dengan $T = 1 \cdot 10^3 / f$

dimana T = periode (detik)

f = frekuensi generator (Hz)

Perubahan sudut rotor generator terhadap sistem :

$$\delta(y) = S \cdot \theta_{s(y)} \dots\dots\dots(4.6)$$

Perubahan nilai GGL generator :

$$E_{loss}(y) = \left[n - \left(\frac{y}{a} \right) \cdot n \right] \cdot E_{sm} \dots\dots\dots(4.7)$$

Arus di generator adalah :

$$I_{loss}(y) = \frac{E_{loss}(y) \cdot e^{j \cdot (\delta(y) + \theta_{ga})} - E_{sm}}{Z_{tot}} \dots\dots\dots(4.8)$$

Tegangan di terminal generator adalah :

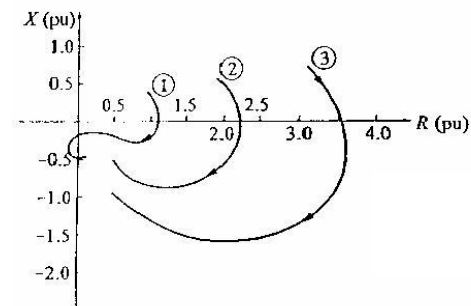
$$V_{loss}(y) = E_{loss}(y) \cdot e^{j \cdot (\delta(y) + \theta_{ga})} - I_{lr}(y) \cdot Z_g \dots\dots(4.9)$$

Dari kedua persamaan (4.8) dan (4.9) maka bisa didapatkan perubahan impedansi generator yang dilihat di terminal generator :

$$Z(y) = \frac{V_{loss}(y)}{I_{loss}(y)} \dots\dots\dots(4.10)$$

Untuk kedua kondisi 4.2.1 dan 4.2.2 di atas, perubahan impedansi sebagai akibat dari berkurangnya arus eksitasi generator diperoleh dengan menganggap perubahan arus eksitasi linier dan nilai slip yang tetap.

Karakteristik impedansi pada terminal keluaran generator dalam diagram R-X pada saat terjadi hilang penguat pada berbagai tingkat beban (100%, 50% dan 30%) ditunjukkan seperti pada gambar 4.1.

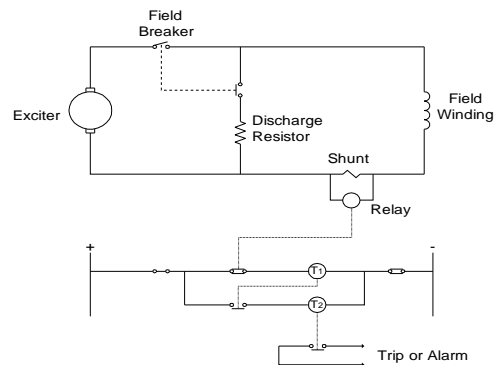


Gambar 4.1 Karakteristik impedansi hilang penguat generator ^[10] : (1) keluaran = 100 %, (2) keluaran= 50 %, (3) keluaran = 30 %

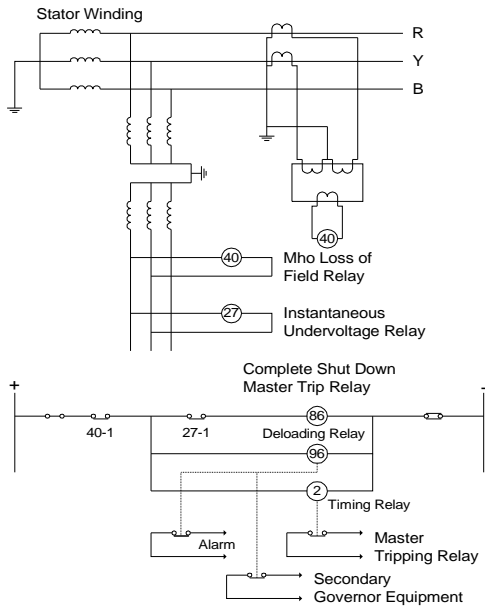
V. RELE PROTEKSI

Rele Proteksi Hilang Penguat Generator

Untuk memberikan proteksi terhadap generator dari gangguan hilang penguat generator, dapat digunakan rele arus kurang (*under current relay*) atau rele jarak (*distance relay*) dalam hal ini Mho rele. Rangkaian yang digunakan diperlihatkan seperti gambar 5.1 dan 5.2 berikut.



Gambar 5.1 Proteksi terhadap hilang penguat generator menggunakan rele arus kurang ^[13]



Gambar 5.2 Proteksi terhadap gangguan hilang penguat generator menggunakan rele Mho [13]

Rele Proteksi Hilang Penguat Generator Tipe CEH51A

Penentuan Setting Rele

Setting rele untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat dari rele CEH51A ada dua, yaitu setting offset tap dan restraint tap.

- a. Offset tap, penentuan settingnya adalah sebagai berikut :

$$\text{OFFSET} = \frac{X'_d}{2} \dots\dots\dots(5.1)$$

- b. Restraint tap, penentuan settingnya adalah sebagai berikut :

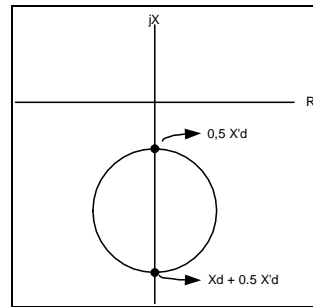
Restraint tap =

$$\frac{(d \text{ min dasar}) \times 100}{d \text{ yg diinginkan (ohm sek)}} \% \dots\dots\dots(5.2)$$

dimana d = diameter (ohm)

Penentuan Daerah Kerja Rele

Daerah kerja rele untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat dari rele CEH51A adalah sesuai dengan diagram gambar 5.3 berikut.



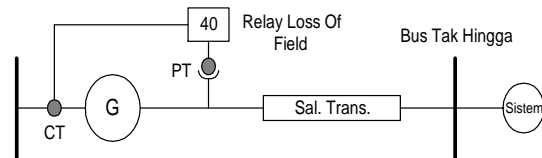
Gambar 5.3 Daerah Kerja Rele Proteksi Hilang Penguat [15]

VI. ANALISA

Untuk analisa digunakan data dari jurnal [14] sebagai data masukan. Analisa mencakup sejauh mana setting rele proteksi hilang penguat dapat melindungi generator saat terjadi hilang penguat, bentuk lintasan impedansi generator saat terjadi gangguan hilang penguat generator dengan berbagai variasi gangguan dan kondisi trip rele saat terjadi gangguan hilang penguat generator dengan berbagai variasi gangguan.

Sistem yang Dianalisa

Model sistem tenaga yang digunakan adalah berupa generator tunggal yang terhubung dengan sebuah rel tak terhingga dan sistem (beban).



Gambar 6.1 Model sistem yang digunakan [14]

Data sistem yang digunakan untuk analisa berdasarkan literatur adalah sebagai berikut :

Tabel 6.1 Data masukan sistem [14]

Generator (pu)	Sal. Trans. (pu)	Sistem (pu)
$X_d = j 2.14$ $X'_d = j 0.245$ $X''_d = j 0.155$ KV = 23 kV MVA = 846 MVA CT = 24000/5 A PT = 23000/115 V	$R_{tr} = 0.00123$ $X_{tr} = 0.09879$	$Z_s = 0.1675$

Tabel 6.2 Data Kemampuan Generator ^[14]

No	P (KW)	Q (KVAR)
1	845	0
2	805	-270
3	635	-310
4	520	-330
5	445	-340
6	340	-350
7	260	-350
8	0	-320

Setting dan Daerah Kerja Rele

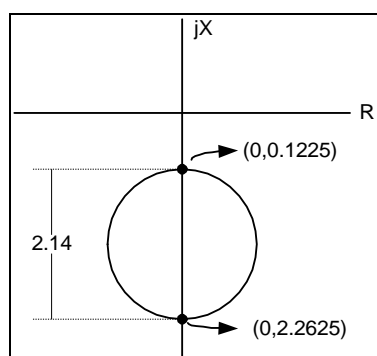
Dari hasil perhitungan dengan program bantu, didapat nilai offset sebesar 1,84 ohm. Untuk penentuan tap L dan H, nilai offset tap hasil perhitungan dibulatkan ke nilai atas terdekat agar sesuai dengan nilai tap L dan H yang ada. Dengan demikian offset tap akan bernilai 2 ohm, sehingga tap L dan H akan memiliki selisih 2. Penentuan tap L dan H adalah :

- Setting tap L = 0,5
- Setting tap H = 2,5.

Nilai restraint tap yang didapat sebesar 15,57 %. Untuk penentuan *lead upper* dan *lower*, nilai restraint tap hasil perhitungan dibulatkan ke nilai di bawahnya agar sesuai dengan nilai *lead upper* dan *lower* yang ada dan diameter rele yang didapat lebih besar dari diameter sebenarnya. Dengan demikian restraint tap akan bernilai 15 %. Restraint tap diperoleh dari pengesetan *lead upper* dan *lead lower*. Penentuan *lead upper* dan *lower* adalah sebagai berikut :

- *Lead upper* = 5
- *Lead lower* = 10.

Daerah kerja rele yang didapat sesuai hasil perhitungan ditunjukkan seperti gambar 6.2 berikut :



Gambar 6.2 Daerah kerja rele CEH51A

Kondisi Penurunan GGL Tanpa Disertai Slip

Sesuai gambar 6.3, bentuk lintasan impedansi generator saat terjadi gangguan berupa lingkaran

yang linier. Hal ini dikarenakan perumusan gangguan yang digunakan menganggap penurunan arus eksitasi yang terjadi adalah linier. Lintasan impedansi akan berakhir di titik yang nilainya sama dengan reaktansi sinkron sumbu *direct* generator (X_d). Lintasan impedansi generator yang dilihat rele saat terjadi gangguan telah memasuki daerah kerja rele. Dengan demikian rele akan mengalami trip dan memisahkan generator dari sistem. Kondisi trip ini, sesuai hasil simulasi terjadi saat impedansi gangguan (Z) = $0,054 - 2,313i$ pu, atau pada nilai (y/a) = 0,94. Hal ini berarti rele CEH51A akan bekerja sebelum generator mencapai nilai impedansi akhirnya saat terjadi gangguan. Dengan kondisi ini terlihat bahwa penentuan setting rele CEH51A tersebut telah mencukupi untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat generator.

Kondisi Penurunan GGL Dengan Disertai Slip

Dari diagram gambar 6.4 terlihat lintasan impedansi generator saat mengalami gangguan hilang penguat berupa lingkaran yang berhenti di sumbu X negatif. Saat terjadi gangguan maka lintasan impedansinya lebih kecil jika dibandingkan dengan saat terjadi gangguan tanpa disertai slip dan memasuki daerah kerja rele CEH51A. Hal ini karena saat terjadi gangguan, maka akan terjadi perubahan sudut rotor generator terhadap sistem (δ_r) yang nilainya tergantung pada besar slip yang terjadi, dengan adanya perubahan sudut rotor maka akan berpengaruh terhadap nilai arus generator saat terjadi gangguan. Lintasan impedansi kemudian berhenti pada nilai diantara reaktansi sinkron sumbu *direct* generator (X_d) dan reaktansi transien sumbu *direct* generator/2 ($X'_d/2$).

Lintasan impedansi generator yang dilihat rele saat terjadi gangguan telah memasuki daerah kerja rele. Dengan demikian rele akan mengalami trip dan memisahkan generator dari sistem. Kondisi trip ini, sesuai hasil simulasi terjadi saat impedansi gangguan (Z) = $0,348 - 2,243i$ pu, atau pada nilai (y/a) = 0,72. Hal ini berarti rele CEH51A akan bekerja sebelum generator mencapai nilai impedansi akhirnya saat terjadi gangguan.

Pengaruh Perubahan Nilai Slip

Dari diagram lintasan impedansi gambar 6.5 dapat dilihat bahwa untuk nilai slip yang semakin besar maka lintasan impedansi generator saat gangguan akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena perubahan nilai slip berpengaruh terhadap perubahan sudut rotor generator dimana semakin besar slip maka perubahan sudut rotor akan semakin besar pula. Dengan sudut rotor yang semakin besar, maka nilai arus generator saat gangguan akan semakin besar sehingga nilai

impedansi (tegangan dibagi arus) akan semakin kecil.

Dari kondisi trip rele terlihat bahwa semakin besar nilai slip, maka lintasan impedansi akan semakin cepat memasuki daerah kerja rele sehingga rele akan trip lebih cepat. Hal ini berpengaruh terhadap kondisi sistem, dimana adanya slip berarti generator sinkron telah kehilangan sinkronisasi, yang dapat membahayakan generator dan sistem. Semakin cepat rele beroperasi maka kondisi hilang sinkronisasi generator dapat dicegah. Kecepatan operasi atau trip rele ini juga akan meminimumkan kerusakan-kerusakan peralatan akibat adanya gangguan yang mungkin timbul.

Pengaruh Perubahan Nilai Eg/Esm

Dari diagram lintasan impedansi gambar 6.6 terlihat bahwa nilai perbandingan Eg/Esm (n) berpengaruh terhadap nilai impedansi generator saat terjadi gangguan. Semakin besar nilai perbandingan Eg/Esm, maka nilai impedansi generator saat terjadi gangguan juga akan semakin besar. Nilai perbandingan Eg/Esm ini juga akan mempengaruhi kerja trip rele. Semakin besar nilai perbandingan Eg/Esm, maka lintasan impedansi akan semakin lama memasuki daerah kerja rele, sehingga rele akan trip lebih lama. Kondisi trip rele yang lebih lama ini akan berpengaruh terhadap pegamanan generator, karena rele lebih lama dalam memutuskan atai mengisolasi generator dari sistem. Akibatnya generator dapat kehilangan sinkronisasinya.

Pengaruh Penggunaan Rele Tegangan Kurang

Penggunaan rele tegangan kurang berpengaruh pada kondisi trip sistem proteksi terhadap gangguan hilang penguat generator. Kondisi trip sistem proteksi dengan penggunaan rele CEH51A tanpa rele tegangan kurang akan dicapai saat lintasan impedansi generator memasuki daerah kerja rele CEH51A, sedangkan jika penggunaan rele CEH51A dilengkapi dengan rele tegangan kurang, kondisi trip sistem proteksi akan dicapai saat lintasan impedansi generator memasuki daerah kerja rele CEH51A dan terjadi penurunan GGL generator hingga mencapai 70 % tegangan normal.

Perbandingan dengan data

lapangan

Hasil perhitungan menggunakan program bantu akan dibandingkan dengan hasil setting di lapangan (PLTGU Blok 2 UBP Tambaklorok Semarang). Perbandingannya dapat dilihat pada tabel 6.3 berikut.

Tabel 6.3 Perbandingan hasil program bantu dan data lapangan

Setting	Program bantu	Data lapangan
Offset Tap	2,5 ohm Lead L = 0 Lead H = 2,5	2,5 ohm Lead L = 0 Lead H = 2,5
Restraint Tap	14 % Tap Upper = 4 Tap Lower = 10	13 % Tap Upper = 3 Tap Lower = 10

Dari tabel 6.3 di atas terlihat bahwa setting rele untuk offset tap antara hasil perhitungan menggunakan program bantu dan data lapangan mempunyai nilai yang sama, yaitu 2,5 ohm. Sedangkan untuk restraint tap terdapat perbedaan, dimana dengan menggunakan program bantu didapatkan nilai restraint tap = 14 %, sedangkan dari data lapangan restraint tap = 13 %. Perbedaan ini terjadi karena setting rele proteksi hilang penguat di PLTGU Blok 2 UBP Tambaklorok telah diperbesar jangkauan relenya untuk mendapatkan daerah kerja rele yang lebih besar dan proteksi yang lebih baik. Dengan setting restraint tap = 13 %, maka diameternya 38,46 ohm, sedangkan menurut hasil perhitungan dengan program bantu, restraint tap = 14 %, maka diameter rele hilang penguat yang digunakan adalah 35,71 ohm. Dengan penentuan setting restraint tap sebesar 13 % diketahui bahwa diameter rele yang digunakan telah diperbesar $38,46 - 35,71 = 2,75$ ohm. Meskipun demikian, penetapan setting restraint tap sebesar 14 %, dimana diameter relenya adalah 35,71 ohm sudah mencukupi untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat generator karena diameter yang digunakan lebih besar jika dibandingkan dengan diameter yang diinginkan dimana nilai diameter yang diinginkan sesuai hasil perhitungan program bantu adalah 33,92 ohm.

VII. KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil simulasi menggunakan program bantu dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Penggunaan rele CEH51A sebagai proteksi terhadap hilang penguat generator dengan setting Offset tap = 2 ohm dan restraint tap = 15 %, telah mencukupi untuk mendeteksi adanya gangguan hilang penguat pada generator baik gangguan berupa penurunan GGL tanpa disertai slip maupun untuk penurunan GGL yang disertai dengan slip.
2. Lintasan impedansi generator saat gangguan berbentuk lingkaran yang akan berhenti di sumbu X negatif. Untuk gangguan penurunan GGL tanpa disertai slip lintasan impedansi akan berhenti pada nilai yang sama dengan reaktansi sinkron sumbu *direct* generator (X_d).

Untuk gangguan penurunan GGL yang disertai slip lintasan impedansi akan berhenti pada nilai di antara reaktansi sinkron sumbu *direct* generator (X_d) dan 0.5 reaktansi transient sumbu *direct* generator ($X'_d/2$).

3. Perubahan nilai slip berpengaruh pada bentuk lintasan impedansi generator saat gangguan, dimana semakin besar nilai slip maka impedansi generator akan semakin kecil dan lintasan impedansinya semakin tidak beraturan. Perubahan nilai slip juga berpengaruh kepada kecepatan trip rele untuk mengamankan generator, semakin besar nilai slip maka kondisi trip rele semakin cepat.
 4. Perubahan nilai E_g/E_{sm} (n) berpengaruh pada nilai impedansi generator saat gangguan dan kondisi trip rele. Semakin besar nilai n maka impedansi generator saat gangguan juga semakin besar dan kondisi trip rele CEH51A akan semakin lama.
 5. Penggunaan rele tegangan kurang berpengaruh pada kondisi trip sistem proteksi terhadap gangguan hilang penguat generator. Kondisi trip sistem proteksi dicapai saat lintasan impedansi generator memasuki daerah kerja rele dan terjadi penurunan GGL generator hingga mencapai 70 % tegangan normal.
 6. Sesuai hasil program bantu, setting rele proteksi hilang penguat generator untuk PLTGU Blok 2 UBP Tambaklorok adalah offset tap = 2,5 ohm dan restrain tap 14 %.
6. D. Jones M.Sc. C.Eng. M.I.E.E, *Analysis and Protection Of Electrical Power System*, Wheeler Publishing, India, 1979.
 7. M Titarenko and I. Noskov-Dukelsky, *Protective Relaying In Electric Power System, Second Printing*, Peace Publisher, Moskow, -
 8. PT. PLN (Persero) Jasa Teknik Kelistrikan, Energi & Listrik, *Majalah Triwulan Vol VI No 4*, PT. PLN (Persero) Jasa Teknik Kelistrikan, Jakarta, 1996.
 9. Prabha Kundur, *Power System Stability and Control*, Mc Graw-Hill Inc., New Delhi, 1994.
 10. S.B. Wilkinson and C.A. Mathews, *Dynamic Characteristics of Mho Distance Relays*, GE Power Management, Jerman, 1998.
 11. Stanley Horowitz, *Protective Relaying For Power Systems*, _____.
 12. T.S. Madhava Rao, *Power System Protection : Static Relays*, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Limited, New Delhi, 1979.
 13. The English Electric Company Limited, *Meter Relay And Instrument Division, Protective Relays Application Guide*, ST Leonard Works, Stafford, 1968.
 14. Wirawan, *Kriteria Umum Kinerja Proteksi Generator Terhadap Kondisi Lepas Sinkron*, Jakarta.
 15. www.ge.com , *Instructions Loss Of Field Relays Type CEH51A*.
 16. Leo Heru Murtopo, *Pengaruh Sistem Eksitasi Pada Stabilitas Dinamik Generator Sinkron*, Teknik Elektri Fakultas Teknik UNDIP, Semarang, 2001.

Saran

Program bantu belum memberikan analisa mengenai waktu operasi rele hilang penguat generator saat terjadi gangguan, untuk itu program bantu masih dapat dikembangkan untuk analisa ini .

DAFTAR PUSTAKA

1. AC Generator Protection Guide Working Group, *IEEE Guide For AC Generator Protection : Project No. P604/D7 6-1-85 ANSI/IEEE C37.102-198X*, IEEE Inc., New York, 1985.
2. A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley Jr, Stephens D Umans, Djoko Achyanto. Ir. MSc.EE, *Mesin-mesin Listrik*, Penerbit Erlangga, 1992.
3. A.R. van C. Warrington, *Protective Relays*, Chapman and Hall, New York, 1982.
4. A. Stalewski, JLH Goody and JA Downes, *Pole Slipping Protection*, CEGB, Transmission and Technical Services Division, United Kingdom.
5. Dani Okianto, *Panduan Belajar Borland Delphi 3.0*, Penerbit PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1998.

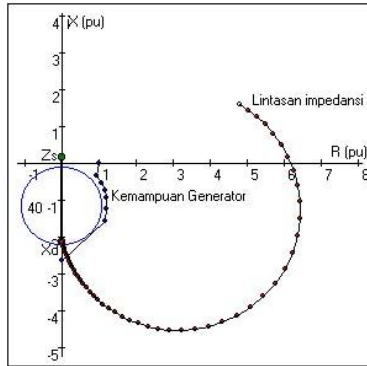
Lampiran



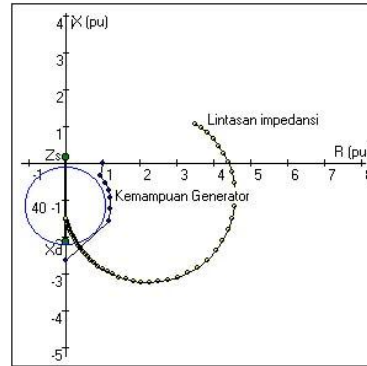
Edi Subeno, lahir di Semarang 26 Maret 1980. Saat ini masih berstatus sebagai mahasiswa Teknik Elektro Angkatan '97 Fakultas Teknik Universitas Diponegoro konsentrasi Ketenagaan

Mengetahui
Pembimbing II,

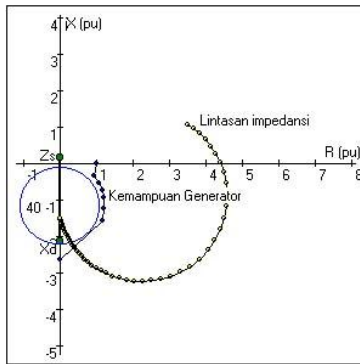
Mochammad Facta, ST. MT
NIP. 132 231 134



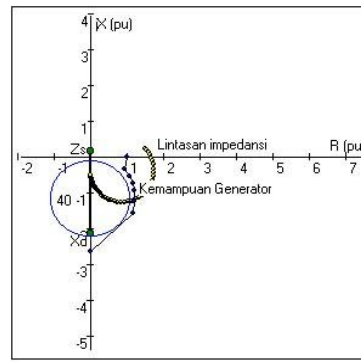
Gambar 6.3 Respon generator untuk gangguan tanpa slip



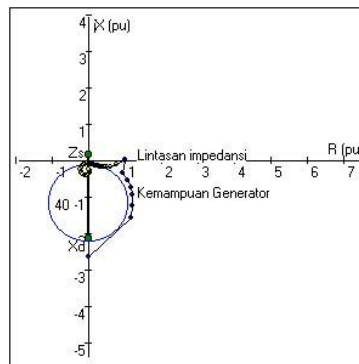
Gambar 6.4 Respon generator untuk gangguan yang disertai slip



a. Slip = 0,1 %

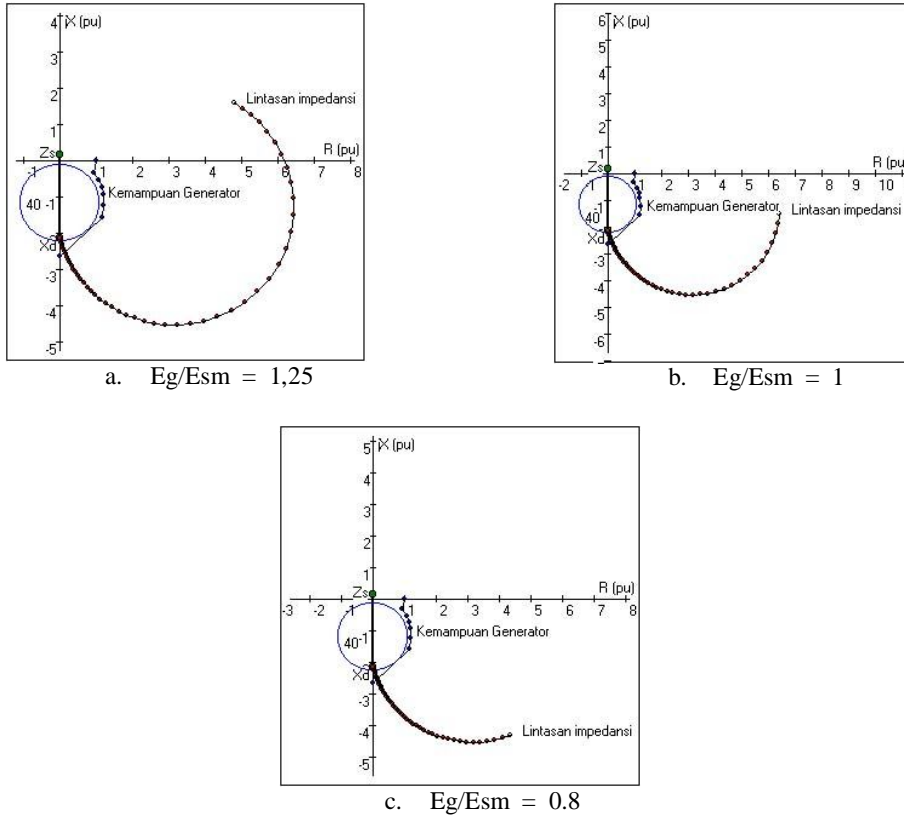


b. Slip = 0,33 %



c. Slip = 50 %

Gambar 6.5 Pengaruh slip terhadap lintasan impedansi generator



Gambar 6.6 Pengaruh nilai E_g/E_{sm} terhadap lintasan impedansi generator