

**ANALISA PENGARUH PERUBAHAN BEBAN
TERHADAP KARAKTERISTIK GENERATOR SINKRON
(Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)**

Oleh:
Sepannur Bandri

**Dosen Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang
sepannurbandria@yahoo.com**

Abstrak

Generator adalah salah satu jenis mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara menkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Pada generator, energi mekanik didapat dari penggerak mula yang bisa berupa mesin diesel, turbin, baling-baling dan lain-lain. Pada pembangkit-pembangkit besar, salah satu alat konversi yang sering digunakan yaitu generator sinkron 3 phase. Generator sinkron yang ditinjau adalah generator sinkron 37 MVA, 10.5 kV, hubungan Y pada PLTG Pauh Limo. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar kinerja generator menjadi optimal. Kestabilan generator dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu beban, arus eksitasi, faktor daya, jumlah putaran generator, dan lain sebagainya. Perubahan besar tegangan terminal akibat dihubungkan ke beban akan menyebabkan ketidakstabilan generator. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan melihat kinerja generator sinkron tiga fasa terhadap perubahan beban daya aktif. Dari hasil analisa diperoleh bahwa semakin bertambahnya beban maka GGL induksi juga akan naik dan arus medan juga naik dimana GGL induksi yang di dapat pada saat beban puncak dari factor daya lagging adalah 6397.211 V dan arus medan 304.629 A, GGL induksi pada factor daya leading adalah 6043.474 V dan arus medan 287.784 A.

Kata Kunci : *Generator Sinkron, Beban dan Penguatan Arus Medan*

Abstrac

Generator is one type of electric machine is used as a means of generating electrical power by means menkonversikan mechanical energy into electrical energy. In a generator, mechanical energy obtained from the first mover can be diesel engines, turbines, propellers and others. In large power plants, one conversion tool that is often used is 3 phase synchronous generator. Synchronous generator is a synchronous generator which reviewed 37 MVA, 10.5 kV, the relationship Y on PLTG Pauh Limo. Operation of the generator requires a stability that generator performance is optimal. The stability of the generator can be affected by several things, namely load, excitation current, power factor, the round number generator, and others. Changes due to the voltage terminal connected to the load generator will cause instability. The purpose of this study was to examine and look at the performance of the three-phase synchronous generator active power load changes. From the analysis found that the increasing burden of the GGL induction will also rise and the flow field where the GGL induction also increased in the can at the time of peak load power factor is lagging 6397.211 V and the field current 304 629 A, GGL induction on leading power factor is 6043,474 V and the field current 287 784 A.

Key words: *synchrony, generator, load, field current regulation*

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin meningkat, kebutuhan akan tenaga listrik setiap hari juga semakin meningkat. Tenaga listrik yang dibutuhkan

oleh konsumen setiap harinya tidak tetap. Hal ini akan menyebabkan beban yang diterima oleh generator akan berubah-ubah sehingga akan mempengaruhi sistem ketenaga listrikannya sendiri.

Generator adalah salah satu jenis mesin

listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan tegangan terminal generator yang konstan, maka arus jangkar dan sudut daya harus tetap pula. Besarnya perubahan beban yang dapat ditanggung generator perlu diketahui yang disesuaikan dengan kemampuan generator sehingga kestabilan generator dapat dijaga.

Pembangkitan GGL induksi pada generator sinkron membutuhkan arus penguatan (eksitasi) untuk menimbulkan fluksi magnetik pada kutub-kutub medan generator yang terletak pada rotor. Sistem penguatan (excitation) menentukan kestabilan tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis tertarik untuk mengkaji kinerja generator sinkron, dengan menganalisa pengaruh perubahan pembebanan generator terhadap karakteristik generator sinkron

Untuk lebih mengarahkan pokok pembahasan dalam penelitian ini, maka penulis membuat batasan masalah, sebagai berikut :

1. Beban yang diubah adalah beban daya aktif.
2. Analisa hanya dilakukan pada generator sinkron tiga fasa.
3. Data yang digunakan adalah generator sinkron PLTG Pauh Limo Padang.
4. Frekuensi dan kecepatan rotor tetap.
5. Analisa difokuskan untuk melihat hubungan antara daya aktif terhadap GGL induksi generator, arus medan dan arus beban.

Sehubungan dengan masalah tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan menganalisa kinerja generator sinkron tiga fasa saat terjadi perubahan beban daya aktif.

Manfaat yang diharapkan pada Penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat :

1. Dapat mengetahui batas aman kerja generator sinkron tiga fasa.
2. Dapat memberikan gambaran kinerja generator sinkron tiga fasa terhadap perubahan beban daya aktif.

2. Landasan Teori

2.1 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Adapun prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah sebagai berikut :

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula (Prime Mover) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut, hal tersebut sesuai dengan Persamaan 2.1

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

$$E_{eff} = Cn\phi_m \quad (2.2)$$

Untuk generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator yang disusun dalam bentuk tertentu, sehingga susunan kumparan jangkar yang sedemikian akan membangkitkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang besarnya sama tapi berbeda fasa 120^0 satu sama lain.

2.2 Reaksi Jangkar Generator Sinkron

Saat generator sinkron bekerja pada beban nol tidak ada arus yang mengalir melalui kumparan jangkar (stator), sehingga yang ada pada celah udara hanya fluksi arus medan rotor. Namun jika generator sinkron diberi beban, arus jangkar I_a akan mengalir dan membentuk fluksi jangkar. Fluksi jangkar ini kemudian mempengaruhi fluksi arus medan dan akhirnya menyebabkan berubahnya harga tegangan terminal generator sinkron. Reaksi ini kemudian dikenal sebagai reaksi jangkar.

Pengaruh yang ditimbulkan oleh fluksi jangkar dapat berupa distorsi, penguatan (*magnetising*), maupun pelemahan (*demagnetising*) fluksi arus medan pada celah udara. Perbedaan pengaruh yang ditimbulkan fluksi jangkar tergantung kepada beban dan faktor daya beban, yaitu :

- a. Untuk beban resistif ($\cos\phi = 1$)
Pengaruh fluksi jangkar terhadap fluksi medan hanyalah sebatas mendistorsinya saja tanpa mempengaruhi kekuatannya (*cross magnetising*).
- b. Untuk beban induktif murni ($\cos\phi = 0$ lag)
Arus akan tertinggal sebesar 90^0 dari tegangan. Fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan melawan fluksi arus medan. Dengan kata lain reaksi jangkar akan *demagnetising* artinya pengaruh reaksi jangkar akan melemahkan fluksi arus medan.
- c. Untuk beban kapasitif murni ($\cos\phi = 0$ lead)

Arus akan mendahului tegangan sebesar 90^0 . Fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan searah dengan fluksi arus medan sehingga reaksi jangkar yang terjadi akan *magnetising* artinya pengaruh reaksi jangkar akan menguatkan fluksi arus medan.

- d. Untuk beban tidak murni (induktif/kapasitif)
Pengaruh reaksi jangkar akan menjadi sebagian *magnetising* dan sebagian *demagnetising*. Saat beban adalah kapasitif, maka reaksi jangkar akan sebagian *distortif* dan sebagian *magnetising*. Sementara itu saat beban adalah induktif, maka reaksi jangkar akan sebagian *distortif* dan sebagian *demagnetising*. Namun pada prakteknya beban umumnya adalah induktif.

3. Metodologi

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan pada pembangkit tenaga listrik mempelajari tentang pengaruh kinerja generator sinkron tiga fasa terhadap perubahan beban daya aktif pada kondisi arus eksitasi yang berubah-ubah dan pengaruhnya terhadap ggl induksi, Arus Dasar, dan arus beban guna menjaga kestabilan generator.

3.2 Lokasi Kajian

Lokasi kajian studi ini adalah pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Pauh limo Padang.

3.3 3Data-data yang dibutuhkan

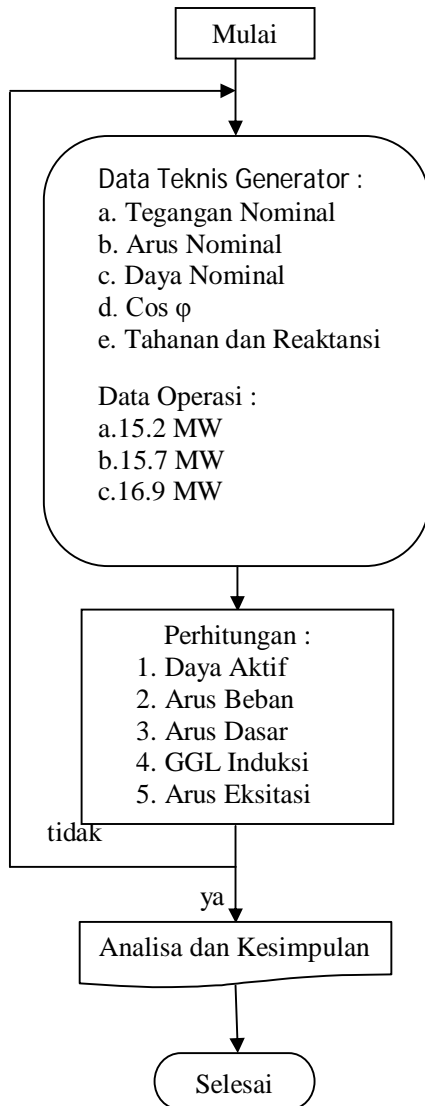
Data yang dibutuhkan dalam studi kasus ini adalah data teknis generator sinkron tiga phase, serta data-data penunjang lainnya.

3.4 Metode Pengambilan data

Metode pengambilan data ialah dengan melakukan observasi langsung kelapangan yakni ke Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Pauh Limo.

3.5 Metode Jalannya Penelitian

Adapun metode jalannya penelitian ini adalah:



Type : WY 14 L061 LLT
 Merk : Alsthom
 Hub Kumparan Stator : Bintang (Y)
 Daya Nominal : 37000 KVA
 Arus Nominal : 2034 A
 Frekuensi : 50 Hz
 Tegangan Nominal : 10,5 KV
 Phasa : 3
 Putaran : 3000 RPM
 Faktor Daya (Cos φ) : 0,8
 Tahanan Jangkar (Ra) : 0,00636 Ω
 Reaktansi Sinkron : 14,3 %
 Rasio Hubung Singkat : 0,42

4.2 Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Nilai Arus Beban, Tegangan Induksi dan Arus Eksitasi Saat Generator diberi Beban Pada Factor Daya Lagging.

No	Beban Daya Aktif (MW)	Faktor Daya Lagging		
		Ia	Ea	If
1	15,2	1479 └ -55,601	6384,936 └ 1,957	304,044 └ 1,957
2	15,7	1495 └ -54,732	6386,814 └ 2,003	304,134 └ 2,03
3	16,9	1534 └ -52,719	6397,211 └ 2,025	304,629 └ 2,025

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai Arus Beban, Tegangan Induksi dan Arus Eksitasi Saat Generator diberi Beban Pada Factor Daya Leading.

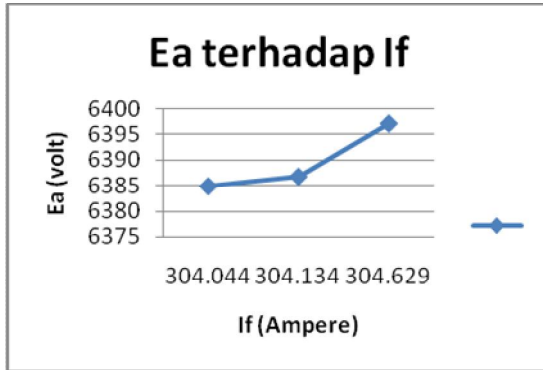
No	Beban Daya Aktif (MW)	Faktor Daya Leading		
		Ia	Ea	If
1	15,2	1479 └ 55,601	6036,999 └ 2,179	287,476 └ 2,179
2	15,7	1495 └ 54,732	6038,82 └ 2,227	287,563 └ 2,227
3	16,9	1534 └ 52,719	6043,474 └ 2,339	287,784 └ 2,339

4 Hasil dan Pembahasan

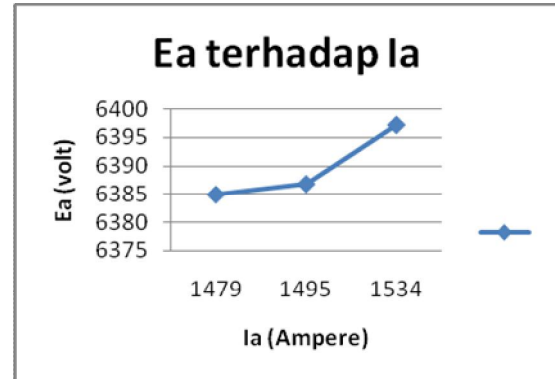
4.1 Data Penelitian

Untuk mendapatkan analisa dan perhitungan terhadap Generator Sinkron, adapun data yang diambil adalah dari PLTG Pauh Limo.

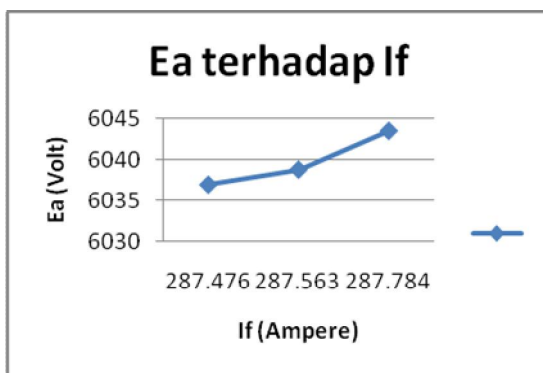
Data yang dipergunakan untuk proses perhitungan ini adalah sebagai berikut:



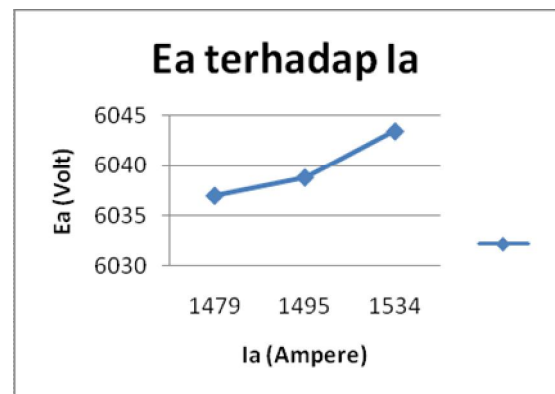
Gambar 4.1 Hubungan antara GGL Induksi (Ea) Terhadap Arus Medan (If) saat Faktor Daya Lagging



Gambar 4.3 Hubungan antara GGL Induksi (Ea) Terhadap Arus Beban (Ia) saat Faktor Daya Lagging



Gambar 4.2 Hubungan antara GGL Induksi (Ea) Terhadap Arus Medan (If) saat Faktor Daya Leading

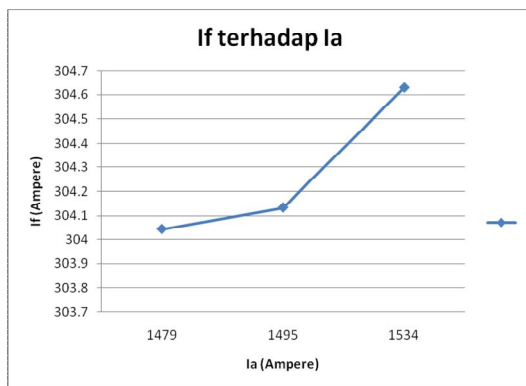


Gambar 4.4 Hubungan antara GGL Induksi (Ea) Terhadap Arus Beban (Ia) saat Faktor Daya Leading

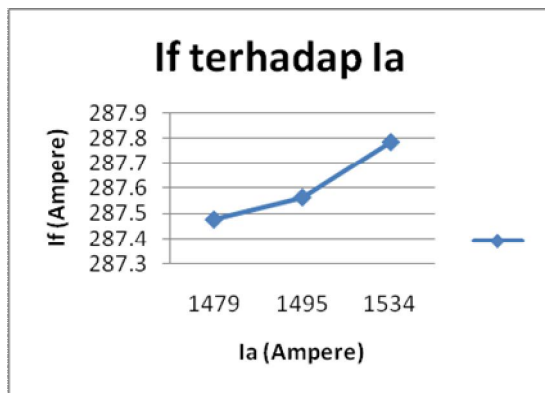
Pada gambar 4.1 dan 4.2 di atas terlihat bahwa jika arus eksitasi atau arus medan dinaikan sesuai dengan pertambahan beban, maka ggl induksi yang terbangkitkan juga akan bertambah besar. Dengan berubahnya arus eksitasi sehingga akan merubah tegangan ggl induksi, yang akhirnya akan diperoleh tegangan terminal yang tetap.

Pada gambar 4.3 dan 4.4 di atas terlihat bahwa semakin bertambahnya beban maka arus beban juga akan semakin bertambah maka GGL induksi juga akan semakin bertambah sesuai dengan pertambahan arus eksitasi agar diperoleh tegangan terminal yang stabil atau tetap.

akan naik dan arus eksitasi juga naik untuk menjaga agar tegangan terminal tetap stabil.



Gambar 4.5 Hubungan Antara Arus Medan (If) Terhadap Arus Beban (Ia) saat Faktor Daya Lagging



Gambar 4.6 Hubungan Antara Arus Medan (If) Terhadap Arus Beban (Ia) saat Faktor Daya Leading

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 di atas terlihat bahwa jika arus beban bertambah yang diakibatkan dari penambahan beban maka arus eksitasi juga harus bertambah karena untuk menjaga agar tegangan terminal selalu dalam keadaan stabil atau konstan.

Berdasarkan hasil grafik diatas antara hubungan GGL induksi dengan arus beban, hubungan GGL induksi dengan arus medan dan hubungan arus medan dengan arus beban, dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya beban maka GGL induksi juga

Sistem eksitasi 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 eksitasi yang baik dapat menyebabkan sistem mampu bertahan terhadap gangguan sehingga dapat meningkatkan kestabilan

Saat generator dihubungkan dengan beban akan menyebabkan tegangan keluaran generator akan turun, karena medan magnet yang dihasilkan dari arus penguat relatif konstan. Agar tegangan generator konstan, maka harus ada peningkatan arus penguatan sebanding dengan kenaikan beban.

5 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat di ambil beberapa kesimpulan :

1. Nilai GGL induksi pada factor daya lagging lebih besar dari nilai GGL induksi pada factor daya leading. GGL induksi yang di dapat pada saat beban puncak dari factor daya lagging adalah 6397,211 V sedangkan GGL induksi yang di dapat pada saat beban puncak dari factor daya leading adalah 6043,474 V
2. Dari perbandingan hasil analisa diketahui bahwa semakin besar beban yang ditempatkan pada sistem, maka arus medan akan semakin besar, yaitu sebesar 304,629 pada saat lagging dan 287,784 pada saat leading.
3. Perubahan arus beban terjadi akibat perubahan nilai beban yang terpakai sehingga juga akan mempengaruhi nilai tegangan yang dibangkitkan oleh generator itu sendiri.
4. Pada pengoperasian generator sinkron selalu ada batas tertentu dari besarnya daya yang dapat dihasilkan dan besarnya daya yang dapat dipikul oleh sebuah

generator sinkron agar dapat bekerja dengan normal.

5. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar kinerja generator menjadi efektif dan efisien. Dengan penentuan karakteristik generator maka didapatkan nilai yang tepat dalam pengoperasian generator.

4.2 Saran

Setelah melakukan pengumpulan, mengolah dan menganalisa data, maka penulis menyarankan :

1. Dalam pengoperasian generator perlu selalu diperhatikan nilai parameternya agar tidak melebihi dari kemampuan generator sehingga kestabilan generator terjaga, tahan lama dan dapat beroperasi secara kontiniu.
2. Selalu menjaga kelayakan dari sistem kontrol generator dan proteksi guna mendapatkan pengaturan yang tepat bagi generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.E.Fitzgerald., Charles Kingsley, Jr., dan Stephen D.Umans. *Mesin-Mesin Listrik. Edisi 4* (Terjemahan Ir. Djoko Achyanto, M.Sc. EE), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1992.
- [2] Budiono Mismail. *Analisa Sistem Tenaga*, Malang, Universitas Brawijaya Malang, 1983.
- [3] Eugene C. Lister. *Mesin Dan Rangkaian Listrik. Edisi 6*. (Terjemahan Ir. Drs. Hanapi Gunawan), Jakarta, Penerbit Erlangga, 1988.
- [3] Paulus S dkk. *Generator dan Motor Listrik AC dan DC*, Bandung, Carya Remadja, 1997.
- [5] Zuhul. *Dasar Tenaga Listrik*, Bandung, Penerbit ITB, 1977.
- [6] Drs. Yon Rijono. *Dasar Teknik Tenaga Listrik, Edisi Revisi*, Yogyakarta, Andi, 1997.