

**STUDI SISTEM EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PANGLIMA BESAR
SOEDIRMAN PT INDONESIA POWER UP MRICA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyarat Untuk Mencapai Derajat Strata-1

Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

SUSILO

20140120147

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2019

ABSTRACT

The generator is a very important and prominent component thing in the electrical energy industry, which generator converts mechanical energy into electrical energy. Basically the generator is very related to the excitation system, which the excitation system is a direct current system that used as reinforcement in electric generator to produce electrical energy. The magnitude of the generator output voltage is depend on the amount of excitation current. The excitation system in PLTA (Hydroelectric Power Plant) of Panglima Besar Soedirman uses a type of static excitation, which current obtained from the voltage output generator itself. Interference that often occurs in generator, is in the rotor or amplifier system. As the mean effort that can be done to prevent the occurrence of damage to the generator, such as voltage on the generator, excitation and loading current. When the excitation system is in over excitation condition, the stream excitation must be reduced, on the contrary if the excitation system is in under excitation that injection has to be increased too. Therefore, knowing the parameter characteristics of the excitation system used can minimize and reduce the occurrence of damage to the generator due to the deficient excitation system.

Keywords: Generator, Excitation System, Strengthening Excitation System Characteristics.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi yang terus meningkat, tingkat kebutuhan dari penggunaan energi listrik akan bertambah. Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pada generator menjadi tidak stabil atau berubah-ubah sehingga mempengaruhi pada sistem ketenagalistrikannya. Generator merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam industri energi listrik, dimana generator merupakan suatu perangkat yang dapat mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja yaitu berdasarkan prinsip kerja dari induksi elektromagnetik atau fluksi yang merubah energi listrik. (Armansyah & Sudaryanto, 2016).

Pada dasarnya generator sangat berkaitan dengan sistem eksitasi, dimana sistem eksitasi merupakan

elemen yang penting untuk membentuk suatu tegangan terminal generator agar tetap pada nilai kerja yang diinginkan. Sistem eksitasi pada generator sinkron merupakan pemberian arus searah yang terdapat pada belitan medan yang terdapat pada rotor, dengan diperoleh adanya arus yang mengalir melalui kumparan maka akan menghasilkan fluks magnetik. Sistem pengoperasian eksitasi pada generator bertujuan untuk menjaga agar tegangan pada generator tetap stabil dan tidak terpengaruh terhadap terjadinya perubahan beban. Pada sistem eksitasi generator juga mempunyai berbagai tipe, dimana setiap tipe sistem eksitasi tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Permasalahan yang sering terjadi pada generator yaitu meliputi gangguan pada stator, rotor, mesin penggerak dan pelindung instalasi di luar generator (Tobing, 2010). Oleh karena itu dari permasalahan tersebut dapat mengakibatkan generator menjadi padam begitu juga pada sistem kelistrikan yang didistribusikan kekonsumen akan ikut padam.

Dari permasalahan tersebut dibahaslah sistem eksitasi generator sinkron pada PLTA Panglima Besar Soedirman, agar mengetahui karakteristik sistem eksitasi yang digunakan. Adapun sistem eksitasi yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu menggunakan jenis sistem eksitasi *brush excitation* atau sistem eksitasi menggunakan sikat. Dengan mengetahui karakteristik sistem eksitasi tersebut, diharapkan dapat menghindari permasalahan-permasalahan yang terjadi pada generator akibat sistem eksitasi yang kurang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Generator Sinkron

Perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik yang disebut dengan konversi energi elektromagnetik. Generator sinkron atau yang lebih sering disebut alternator yaitu merupakan mesin listrik arus bolak-balik yang menghasilkan tegangan dan mesin arus bolak balik yang bekerja dengan cara mengubah energi yang sebelumnya adalah energi mekanik

sehingga menjadi energi listrik dengan adanya induksi pada medan magnet. Membahas tentang dua energi tersebut dimana energi mekanis dapat diperoleh dari adanya putaran rotor yang digerakkan dari *prime mover* atau yang disebut penggerak pemula, berbeda dengan energi listrik yang diperoleh dari proses terjadinya induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya.

$$f =$$

$$\frac{n \cdot p}{120}$$

.....
(2.1)

Keterangan:

F = frekuensi listrik (Hz)

n = kecepatan putaran rotor (rpm)

p = jumlah kutub

Generator sinkron dapat dijumpai pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang memiliki kapasitas yang relatif besar. Beberapa contohnya seperti pada PLTA, PLTU, PLTD dan pembangkit listrik lainnya.



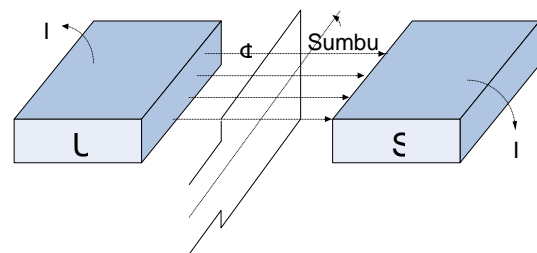
Gambar 2.1 Generator Sinkron

2.2 Prinsip Kerja Generator

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



Gambar 2.2 Sistem pembangkitan Generator Sinkron

Keterangan:

- I_f : Arus medan
- U – S : Kutub generator
- Sumbu Putar : Poros Generator
- Φ : Fluks medan

2.3 Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron

Sistem eksitasi berfungsi untuk menjaga tegangan maupun daya reaktif pada generator agar nilai hasilnya keluarannya sesuai dengan apa yang diinginkan. Kenaikan suatu daya reaktif pada sisi beban akan menimbulkan penurunan magnitude pada tegangan terminal. Pada penurunan tegangan terminal tersebut kemudian akan disensor dengan potensial transformator dan selanjutnya tegangan terminal tersebut akan disearahkan serta dibandingkan dengan suatu nilai acuan (Iaksono, 2014). Eksitasi ataupun penguatan medan magnet merupakan bagian yang penting dalam sebuah generator sinkron. Tidak hanya menjaga tegangan terminal selalu konstan namun juga harus merespon terhadap adanya perubahan beban yang secara tiba-tiba.

Sistem eksitasi pada generator besar tegangan listrik yang diperoleh pada generator sebanding dengan besarnya medan di dalamnya. Adapun pada besarnya medan magnet ini

sebanding dengan besarnya arus yang dibangkitkan. Oleh karena itu, sistem eksitasi dapat dikatakan sebagai sebuah sistem *amplifier*, dikarenakan jumlah kecil yang mampu mengontrol sejumlah daya yang besar. Dimana prinsip ini menjadi acuan untuk mengontrol tegangan generator, ketika tegangan sistem mengalami penurunan maka arus eksitasi harus ditambah, sedangkan ketika tegangan sistem terlalu tinggi maka arus eksitasi dapat diturunkan.

Selain itu juga sistem eksitasi generator yang sering digunakan memiliki berbagai tipe, setiap tipe eksitasi generator memiliki karakteristik yang berbeda-beda pula. Oleh karena itu dengan adanya berbagai tipe dari sistem eksitasi tersebut, maka dibutuhkan studi terlebih dahulu untuk memahami pengoperasian agar berjalan efektif dan efisien pada karakteristik dari setiap tipe eksitasi tersebut. selain itu juga eksitasi terdiri dari dua jenis sistem eksitasi menggunakan sikat (*brush excitation*) yaitu yang terdiri sistem eksitasi statis dan eksitasi konvensional dan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (*brushless*

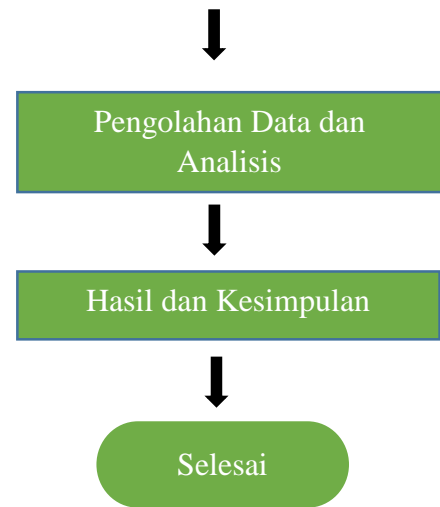
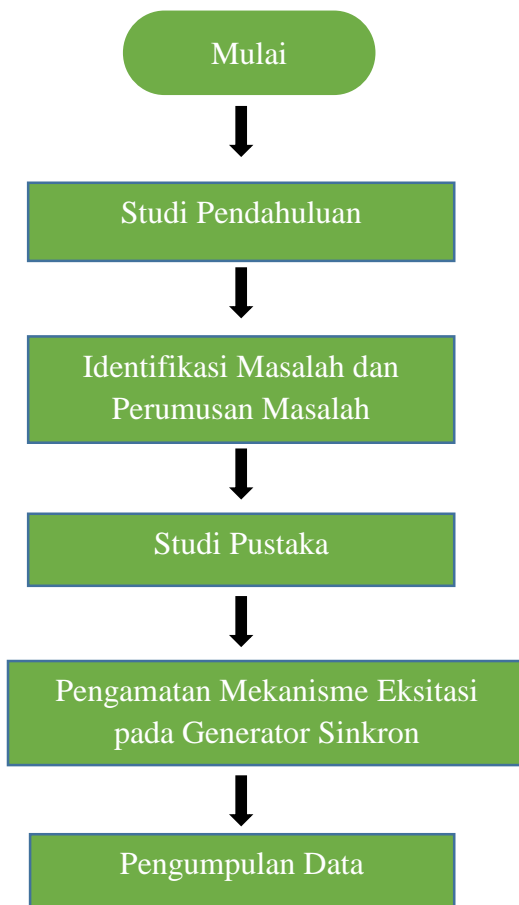
excitation) yang menggunakan sistem parameter magnet generator.

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian

Tugas Akhir

Pada penelitian ini diagram alur yang digunakan dalam penulisan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.2 yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir

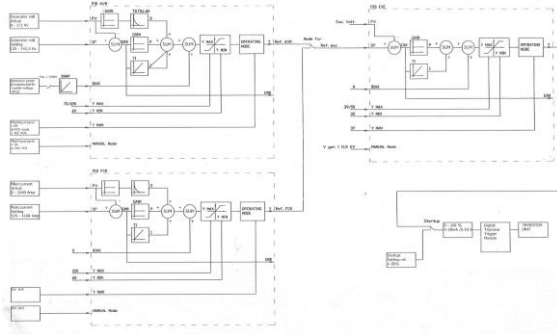
PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Sistem Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Secara geografis PLTA Panglima Besar Soedirman berkedudukan di hulu sungai Serayu yang termasuk wilayah kabupaten Banjarnegara, propinsi Jawa Tengah yaitu

kurang lebih 8 km sebelah barat kota Banjarnegara. PLTA Panglima Besar Soedirman merupakan salah satu di antara PLTA di Jawa Tengah yang dibangun guna menunjang kebutuhan energi listrik di Jawa-Bali. Terdapat tiga unit generator pada pembangkit PLTA Panglima

Besar Soedirman dengan kapasitas 3 x 60 MW menghasilkan energi listrik sebesar 580.000.000 KWH pertahun.



Gambar 4.1 *Principle Diagram Excitation* Panglima Besar Soedirman

4.2 Gangguan Eksitasi

Berikut ini dapat dilihat tabel mengenai gangguan eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Tabel 4.1 Gangguan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Gejala	Masalah	Solusi
--------	---------	--------

Tidak naik pada tegangan generator	<ol style="list-style-type: none"> 1. Eksitasi 2. Kesalahan polaritas pada suplai awalan 3. CB medan buka / tidak tepat menutup 4. Tidak sesuai dengan putaran nominal 5. Generator mengalami hubungan singkat 6. Terjadi kerusakan volt generator 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pemeriksaan eksitasi awalan (nilai dan polaritasnya) periksa sirkuit lengkapnya 2. Naikkan pada kecepatan dan lakukan pemeriksaan pada kontak speed 3. Lakukan pemeriksaan pada fungsi CB medan <i>circuit</i> kontrol.
Pada beban tidak seimbang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada statik putaran kecepatan berbeda 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastikan generator dalam kondisi baik

Pada tegangan terminal terlalu rendah	1. Pada putaran tidak dalam nominalnya	1. Menaikan kecepatan putaran
---------------------------------------	--	-------------------------------

Tabel 4.2 Gangguan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Gejala	Masalah	Solusi
Tidak stabil pada beban reaktif dan tidak seimbang	1. Salah fasa CT/PT atau salah polaritas	1. Melakukan pemeriksaan pengawatan sirkuit sensor dan terminal CT
Pada tegangan tidak terkontrol atau terlalu tinggi	1. Pada proteksi MCB rangkaian sensor mati 2. Terjadi kerusakan pada AVR	1. Nyalakan MCB dan serta periksa pada sirkuit sensor sensor 2. Melakukan pemeriksaan AVR, terminal kabel,

		serta lain-lainnya.
--	--	---------------------

4.3 Perawatan Eksitasi

Perawatan disini meliputi inspeksi, pengujian, pengaturan, dan perbaikan. Adapun dalam pekerjaan inspeksi dibagi lagi dalam beberapa pekerjaan diantaranya yaitu : inspeksi harian, inspeksi berkala (bulanan/tahun) dan inspeksi darurat.

Pada inspeksi harian biasanya dilakukan dalam kondisi mesin sedang beroperasi, semua diperiksa bertujuan untuk mengetahui apabila ada yang mengalami kerusakan. Jika ada yang mengalami kerusakan maka akan dilakukan perbaikan secara langsung. Perawatan secara berkala biasanya dilakukan agar mencegah timbulnya gangguan yang dapat menyebabkan kerugian. Sedangkan inspeksi darurat dilakukan bila terjadi permasalahan yang tidak diduga. Berikut ini merupakan tabel perawatan eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman.

4.3 Tabel Perawatan Ekitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Peralatan Eksitasi	Jenis Perawatan
1. Thyristor Converter	1. Penggantian maupun pembersihan filter udara kubikel 2. Pembersihan dengan vakum kubikel konverter
2. Field Breaker	1. Pemeriksaan <i>fuse</i> pada proteksi
3. Trafo eksitasi, kubikel peralatan kontrol	1. Mengamati dan pemeriksaan pada mekanisme kerja rotor, koil pelepas pegas penutup, pelepas arus lebih.

	2. Melakukan pemeriksaan beban lebih, kerusakan isolasi, keausan sikat, dan kerusakan lainnya.
--	--

4.4 Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi Generator Sinkron pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Pada analisis karakteristik sistem eksitasi generator sinkron yaitu mengunakan data berupa operasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana data tersebut yang dianalisis berupa arus eksitasi, tegangan generator, daya beban dan arus jangkar. Berikut ini adalah tabel hasil rata-rata operasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman.

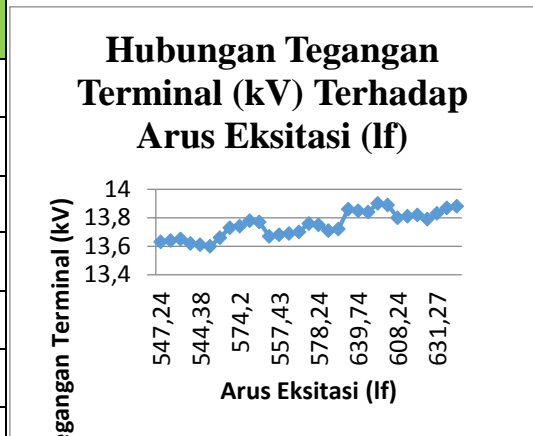
Tabel 4.4 Operasi harian Pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (KV)	Daya Aktif (MW)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)
50,13	13,63	31,75	547,24	1326,09
50,15	13,64	31,93	549,43	1327,12
50,14	13,65	32,63	551,64	1329,74
50,13	13,62	31,46	546,84	1324,83
50,11	13,61	30,40	544,38	1322,61
50,10	13,60	30,17	543,13	1320,74
50,15	13,66	33,24	553,76	1337,14
50,24	13,73	36,96	571,93	1403,26
50,23	13,74	37,29	574,20	1421,86
50,27	13,78	40,14	593,27	1442,36
50,25	13,77	39,98	581,94	1438,89
50,16	13,67	33,91	554,75	1339,81
50,17	13,68	34,29	557,43	1365,84
50,19	13,69	34,86	561,21	1370,06
50,19	13,70	35,17	561,87	1387,01
50,26	13,76	39,26	579,74	1438,16
50,25	13,75	38,97	578,24	1434,74

Dari tabel operasi harian di atas yang digunakan sebagai proses analisis dan perhitungan yang mencakup frekuensi, tegangan

terminal, daya aktif, arus eksitasi, arus jangkar.

4.4.1. Hubungan Tegangan Terminal (kV) Terhadap Arus Eksitasi (If)



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Terminal (kV) Terhadap Arus Eksitasi (If)

Dengan berubahnya nilai pada arus eksitasi juga akan terlihat hubungan antara tegangan terminal (kV) terhadap arus eksitasi (If) pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman. Berdasarkan grafik 4.12 di atas menunjukkan hubungan tegangan terminal (kV) terhadap arus eksitasi (If) pada PLTA Panglima Besar Soedirman bahwa naiknya arus eksitasi akan mengakibatkan tegangan terminal menjadi naik, hal

ini berarti arus eksitasi sangat berguna untuk menjaga agar tegangan terminal tetap stabil. Tegangan terminal generator terjadi diakibatkan karena adanya kumparan yang berputar di dalam medan magnet sehingga menimbulkan GGL induksi, ketika nilai tegangan terminal yang mulanya rendah dikarenakan perubahan beban, dapat dinaikkan yaitu dengan cara memperbesar arus eksitasi sehingga akan mempercepat putaran pada medan magnet yang akan menjadikan nilai tegangan terminal menjadi naik. Terlihat bahwa hubungan antara tegangan terminal terhadap arus eksitasi yaitu berbanding lurus.

Dalam sistem penyediaan tenaga listrik mempunyai presentase standar yang telah ditetapkan. Dimana pada PLN bahwa titik suplai presentasenya berkisaran +5% dan -10% sedangkan menurut ANSI berkisaran +4% dan 4% dalam kondisi normal (Tobing,2010).

Untuk mengetahui nilai presentase tegangan suplai pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar

Soedirman menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

.....
 ..(4.2)

Setelah melakukan perhitungan tersebut dengan menggunakan rumus di atas dan didapatkan hasilnya, dari hasil tersebut dikurangi 100% agar diperoleh presentase tegangan suplai. Hasil dari presentase tegangan suplai generator sinkron tersebut apakah sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan PLN maupun ANSI.

Berikut ini perhitungan dari rumus di atas dengan menggunakan spesifikasi dari generator dan tabel 4.10 oprasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana dari spesifikasi generator diketahui *rated voltagenya* sebagai berikut:

$$\text{Rated Voltage} = 13.8 \text{ kV} = 13800 \text{ V}$$

Data dari tabel 4.10 diketahui sebagai berikut:

- Data hari pertama: $V_{out} \text{ generator} = 13,63 \text{ kV} = 13630 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

$$= \frac{13630}{13800} \times 100\%$$

$$= 98,79\%$$

1,21% (kurang dari 100%)

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar - 1,21%

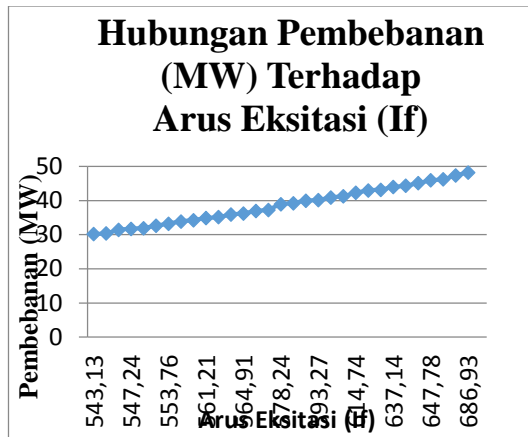
Untuk perhitungan presentase tegangan *supply* generator sinkron pada hari- hari selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan yang sama seperti diatas. Dari perhitungan yang telah dilakukan sehingga dapat dibuat tabel seperti berikut ini.

Vout Generator (KV)	Presentase Tegangan <i>Supply</i>
13,63	-1,21%
13,64	-1,16%
13,65	-1,09%
13,62	-1,31%
13.61	-1,38%

13,60	-1,45%
13,66	-1,02%
13,73	-0,51%
13,74	-0,44%
13,78	-0,15%
13,77	-0,22%
13,67	-0,95%
13,68	-0,87%
13,69	-0,8%
13,70	-0,73%
13,76	-0,29%
13,75	-0,37%

Berdasarkan tabel 4.12 di atas dapat dilihat nilai presentase fluktuasi tegangan *supply* pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman selama melakukan penelitian. Dari perhitungan dan data operasi harian generator sinkron di atas, dapat disimpulkan bahwa performa generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman masih bekerja dalam keadaan aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI.

4.4.2 Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi (If)

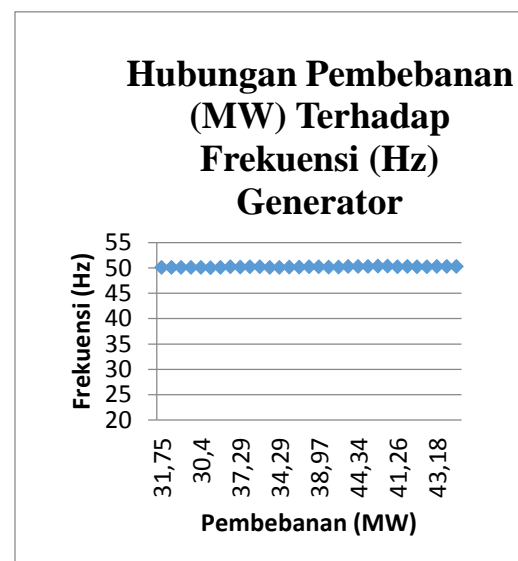


Gambar 4.13 Grafik Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi (If)

Arus eksitasi dan tegangan terminal sangatlah berkaitan dengan pembebanan. Hal ini dikarenakan apabila pembebanan menjadi naik, maka tegangan jaringannya akan turun. Turunnya tegangan jaringan juga akan mengakibatkan turunnya tegangan terminal. Oleh sebab itu dibutuhkanlah penambahan arus eksitasi agar tegangan terminalnya masih berada pada nilai nominalnya. Dari grafik 4.13 di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai pembebanan (MW), maka nilai pada arus eksitasi (If) yang disuplai

generator sinkron juga akan naik. Hal tersebut dilakukan agar tegangan terminal menjadi stabil.

4.4.3. Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap frekuensi (Hz) Generator



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Frekuensi (Hz) Generator

Berdasarkan grafik 4.14 di atas pada hubungan pembebanan (MW) terhadap frekuensi (Hz) generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman, bahwa nilai frekuensinya yaitu relatif stabil pada angka 50 Hz. Nilai frekuensi harus dijaga agar tetap stabil, karena apabila terjadi perubahan pada nilai frekuensi maka akan berdampak juga pada perubahan kecepatan putaran motor. Kualitas

listrik yang baik mempunyai frekuensi yang tetap stabil, oleh sebab itu nilai frekuensi harus tetap dikontrol agar tetap stabil sehingga tidak melebihi nilai ketetapan yang sudah ditentukan.

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Sistem eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman menggunakan metode sistem eksitasi statis dengan memanfaatkan keluaran dari generator itu sendiri. Ketika generator mulai bekerja pada kondisi awalan makan eksitasi akan disuplai oleh *battery* sampai keluaran dari generator mencapai nilai 90%. Setelah mencapai pada nilai tersebut *field flashing* akan membuka dalam mengaktifkan eksitasi dari keluaran generator.
2. Sistem eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman menggunakan *brush excitation* atau sistem eksitasi yang menggunakan sikat arang. Penggunaan sikat arang yang pendek dapat menimbulkan aliran listrik ke rotor berkurang, hal tersebut dikarenakan tekanan pegas sikat arang yang melemah. Berkurangnya aliran tersebut memicu kemagnetan rotor berkurang, sehingga listrik yang dihasilkan oleh generator menurun. Oleh sebab itu tingkat ketebalan sikat arang di PLTA Panglima Besar Soedirman selalu diperhatikan.
3. Perubahan pembebanan yang ada di PLTA Panglima Besar Soedirman tersebut menimbulkan adanya fluktuasi atau ketidak tetap nilainya pada tabel operasi harian. Dimana nilai pembebanan sangatlah berkaitan dengan arus eksitasi dan tegangan terminal. Hal ini dikarenakan apabila pembebanan menjadi naik, maka tegangan jaringannya akan turun. Turunnya tegangan jaringan juga akan mengakibatkan turunnya tegangan terminal. Pada PLTA Panglima Besar Soedirman nilai pembebanan terendahnya mencapai 30,17 MW. Oleh sebab itu dibutuhkanlah penambahan arus eksitasi. Penambahan arus eksitasi tersebut bertujuan agar menjaga kestabilan tegangan terminal generator sinkron yang digunakan.
4. Hubungan arus eksitasi dengan tegangan terminal berbanding

lurus di PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana semakin besar arus eksitasi yang diberikan maka nilai pada tegangan terminal akan menjadi semakin tinggi. Berdasarkan tabel operasi harian, bahwa nilai arus eksitasi tertingginya sebesar 686,93 A dengan tegangan terminalnya sebesar 13,90 kV.

5. Pada perhitungan presentase tegangan *supply* yang telah dilakukan di PLTA Panglima Besar Soedirman nilai presentasinya yaitu berkisaran -1,45% hingga +0,72%. Berdasarkan standar presentase tegangan yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI, bahwa nilai presentase tegangan *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman tergolong aman.

5.2 Saran

1. Sistem eksitasi merupakan salah satu sistem yang sangat penting dalam proses pembangkitan, sehingga harus selalu dijaga agar tidak menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan.

2. Sistem eksitasi statis merupakan sistem eksitasi yang menggunakan sikat arang, sehingga harus selalu diperhatikan tingkat ketebalan dari sikat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Artono dan Susumu Kuwahara. 2004. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid 1: Pembangkitan Dengan Tenaga Air . Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Armansyah, Sudaryanto. 2016. Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal: Staff Pengajar Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UISU.
- Bandri, Sepannur. 2013. Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron. Padang: Institut Teknologi Padang.
- Djiteng, Marsudi. 2005. Pembangkitan Energi Liatrik. Erlangga, Jakarta.

- Irawan, Heri. 2010. Sistem Penguatan Dengan Sikat (Brush Excitation System) Pada Generator Unit 1 PLTU Cilacap. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kurniawan, Aditia. 2015. Analisa Pengaruh Arus Eksitasi Generator Terhadap Pembebanan Pada PLTA Cirata Unit 2. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Marsudi, Djiteng. 2011. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta: Erlangga.
- PT. Indonesia Power, 2014. Unit bisnis Pembangkitan/Generator Business Unit Of Merica ASEA, MRICA H.E.P.P. Station Manual P/S Unit Equipment Generator.
- Rajagukguk, Buhari Tongam. 2009. Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Dan Faktor Daya Pada Motor Sinkron 3 Fasa. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Septian, Dwi. 2016. Studi Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron Di Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Musi Bengkulu. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra, Ramadoni. 2016. Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Syahputra, Ramadoni. 2015. Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Trimananda, dkk. 2016. Studi Pengaturan Arus Eksitasi Untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator Di PT Indonesia Power UBP Kamojang Unit 2. Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.