

SUPPLY EKSITASI OUTPUT GENERATOR 300 MW MENGGUNAKAN METODE POLA TITIK DAYA REAKTIF

Mokh. Sidqi Fahmi^{1,a}, Irwanto^{2,b}

^{1,2}Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Raya Ciwaru, No 20 Kota Serang, Indonesia.

^asidqift@gmail.com, ^birwanto.ir@untirta.ac.id

Abstrak.

Sistem eksitasi adalah sistem mengalirnya pasokan listrik arus searah sebagai penguatan pada generator listrik, sehingga menghasilkan tenaga listrik dan besar tegangan keluaran bergantung pada besarnya arus eksitasi. Pada sistem pengaturan modern, eksitasi memegang peranan penting dalam mengendalikan kestabilan suatu pembangkit karena apabila terjadi fluktuasi beban maka eksitasi sebagai pengendali akan berfungsi mengontrol keluaran generator seperti tegangan, arus dan faktor daya dengan cara mengatur kembali besaran-besaran input guna mencapai titik keseimbangan baru. Bila arus eksitasi naik maka daya reaktif yang disalurkan generator ke sistem akan naik sebaliknya bila turun maka daya reaktif yang disalurkan akan berkurang. Jika arus eksitasi yang diberikan terlalu kecil, aliran daya reaktif akan berbalik dari sistem menuju ke generator sehingga generator menyerap daya reaktif dari sistem. Keadaan ini sangat berbahaya karena akan menyebabkan pemanasan berlebihan pada stator.

Kata kunci. Generator, sistem eksitasi, transformator, rectifier.

Abstract.

Excitation system is a system that conducts electric current in the same direction as a generator in a power plant, so that it produces electricity and a large voltage on the increase in the excitation current. In modern regulatory systems, excitation plays an important role in controlling the stability of a development because it involves load fluctuations, so excitation as a controller will require control of the generator output such as voltage, current and power factors in a necessary manner. If the excitation current rises, the reactive power supplied by the system generator will increase otherwise if the reactive power supplied will decrease. If the given excitation current is too small, the reactive power flow will move from the system to the generator so that the generator absorbs the reactive power from the system. This situation is very dangerous because it will cause excessive savings on the stator.

Keywords. Generator, excitation system, transformer, rectifier.

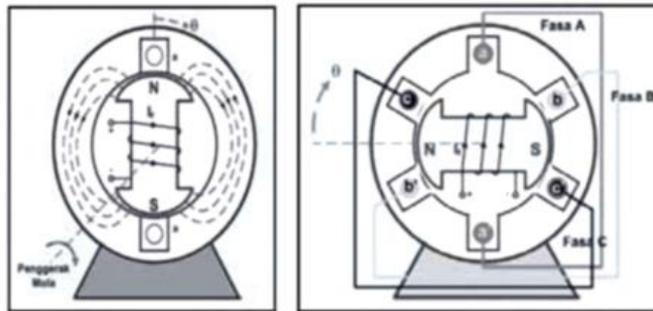
Pendahuluan

Generator Sinkron atau disebut juga alternator merupakan mesin listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui proses induksi elektomagnetik. Dikarenakan generator sinkron jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Generator tiga fasa diharapkan dapat bekerja stabil pada tegangan dan frekuensi yang dihasilkan sehingga dapat mensuplai tenaga listrik. Ketidakstabilan pada generator sinkron ini sangat berpengaruh terhadap beban yang di pikul generator sinkron tersebut. Untuk menghindari beban yang tidak beraturan. Pembangkit tenaga listrik terdiri dari peralatan utama salah satunya adalah generator sinkron. Generator sinkron memegang peranan penting dalam pembangkitan energi listrik ukuran besar. Sebagian besar energi listrik yang dipergunakan oleh konsumen untuk kebutuhan sehari-hari dihasilkan oleh generator fasa banyak (polyphase) yang ada di pusat pembangkit. Secara umum prinsip kerja generator sinkron adalah apabila berputarnya rotor yang diputar oleh penggerak mula (prime mover) dan stator yang dieksitasi pada kecepatan sama.

Studi Pustaka

Generator

Generator arus bolak-balik memiliki yang lain nama yang biasa disebut sebagai alternator atau generator sinkron, yang memiliki penting peran dalam proses mengubah energi menjadi bentuk energi yang berguna. Generator sinkron adalah mesin listrik yang memiliki fungsi untuk menghasilkan energi listrik dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Armansyah, 2016). Itu generator bekerja dengan hukum Faraday yang sebagian besar mengukur menyatakan besarnya induksi kekuatan listrik akan berbanding lurus dengan tingkat perubahan jumlah dari garis gaya melalui koil (Pamungkas, R. C, Muhamad, Y. M & Ramadoni, S, 2017) seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 1. AC Satu Fasa dua kutub dan AC tiga Fasa dua kutub

Eksitasi Generator

Sistem eksitasi adalah suatu peralatan yang bertugas menjaga tegangan dan daya reaktif generator agar tetap pada nilai kerja yang diinginkan. Suatu kenaikan daya reaktif pada sisi beban akan mengakibatkan penurunan magnitude tegangan terminal. Penurunan tegangan terminal ini kemudian akan disensor oleh suatu potensial transformator. Selanjutnya tegangan terminal akan disearahkan dan dibandingkan dengan suatu titik nilai acuan (Laksono, H. D, Revan, M & Azano, R, 2014). Sistem eksitasi generator merupakan elemen penting untuk membentuk profil tegangan terminal generator yang stabil. Sistem pengoperasian unit eksitasi generator ini berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan keluaran generator (Eremia, M & Shahidehpour, M, 2013).

Sistem Eksitasi

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 (Sudaryanto, A, 2016) seperti pada Gambar 2 di bawah ini.

Kapabilitas Generator

a. Over Limiter Eksitasi

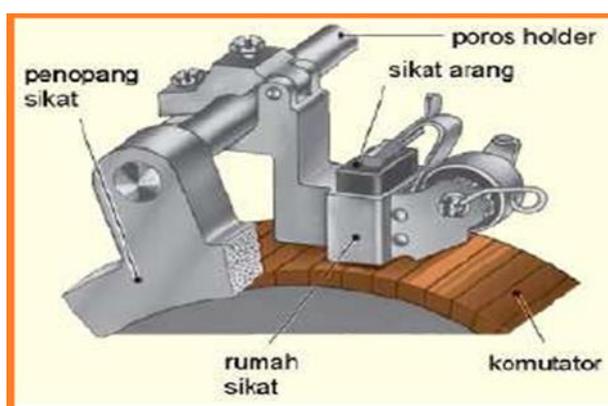
Pembatas eksitasi maksimum merasakan arus medan dari generator dan juga bertindak pada set-point tegangan regulator untuk membatasi kontrol mesin tempat operasi tidak diinginkan. Kemampuan generator dalam overexcited wilayah dibatasi oleh kemampuan mendinginkan belitan medan dan output MVA keseluruhan (arus stator) dari mesin.

Wilayah overexcited mesin disebut sebagai faktor daya tertinggal, di mana VAR sedang dipasok dari mesin. Limiter eksitasi berlebih atau Eksitasi Maksimum Limiters merasakan output arus medan dari statik statis dan membatasi arus medan untuk mencegah medan panas berlebih. Dua Level OEL saat ini ditentukan untuk operasi off line. Mereka tinggi dan rendah seperti yang ditunjukkan pada Generator dapat beroperasi terus menerus pada level OEL rendah saat ini dan untuk waktu terprogram pada level OEL tinggi saat ini. Lebih pembatas eksitasi menghindari beban berlebih termal pada rotor berliku dan disediakan untuk melindungi rotor generator terhadap durasinya terlalu lama melebihi beban (Prasetijo, H. Ropiudin, Dharmawan, 2012).

b. Under Excitation Limiter

Under excitation limiter (UEL) bertindak untuk meningkatkan eksitasi setiap kali ia merasakan suatu kondisi di mana generator eksitasi level ditentukan terlalu rendah. UEL biasanya merasakan baik kombinasi tegangan dan arus sinkron mesin atau kombinasi daya nyata dan reaktif. Itu batas ditentukan oleh persimpangan titik operasi mesin tingkat referensi atau karakteristik. Ketika tingkat referensi atau Jika karakteristik dilintasi, sinyal output UEL bertindak menjadi bagian dari kontrol sistem eksitasi.

Output UEL diterapkan dalam regulator tegangan baik untuk penjumlahan persimpangan untuk menambah kontrol tegangan normal atau ke nilai tinggi (HV) gerbang untuk mengesampingkan aksi normal dari tegangan pengatur. Tergantung pada implementasi UEL berfungsi untuk mengontrol eksitasi, aksi UEL bisa melepaskan regulator tegangan dari layanan atau penyebabnya (Prasetijo, H. Ropiudin, Dharmawan, 2012).



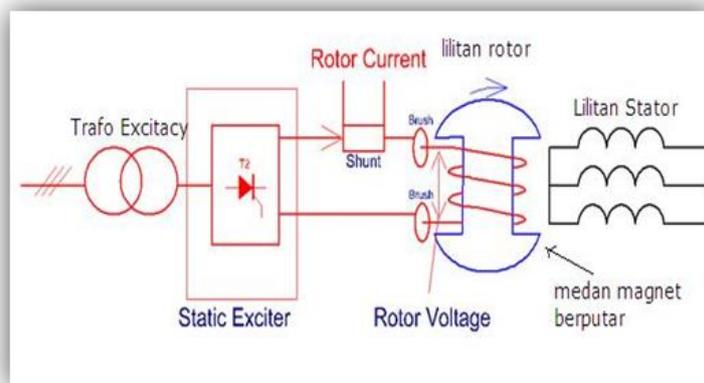
Gambar 2. Sistem memakai sikat

Metodologi Penelitian

Metode pengumpulan data dalam praktik industri adalah sebagai berikut: (1) Metode observasi, metode mengumpulkan data dengan mengadakan pengamatan dan pencatatan secara langsung terhadap sistem eksitasi generator Tipe QFSN-300-2-20B di PLTU 2 Labuan. (2) Metode wawancara, mengumpulkan data dengan cara melakukan wawancara secara langsung maupun tanya jawab dengan narasumber ataupun para karyawan di perusahaan PLTU 2 Labuan dan (3) Metode partisipasi, mengumpulkan data dengan cara terlibat langsung dalam kegiatan online maupun off-line sesuai dengan data yang dibutuhkan yaitu sistem eksitasi generator Tipe QFSN-300-2-20B di PLTU 2 Labuan.

Hasil, Pembahasan dan Analisa

Pada sistem eksitasi menggunakan sikat, sumber tenaga listriknya berasal dari generator arus bolak balik (AC) yang disearahkan terlebih dahulu dengan menggunakan rectifier. Gambar 3 di bawah ini merupakan rangkaian sistem eksitasi dengan sikat, seperti Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram eksitasi dengan sikat

Jika menggunakan sumber listrik yang berasal dari generator AC atau menggunakan Permanent Magnet Generator (PMG) medan magnetnya adalah magnet permanen. Dalam lemari penyearah, tegangan listrik arus bolak balik diubah atau disearahkan menjadi tegangan arus searah untuk mengontrol kumparan medan eksiter (exciter). Untuk mengalirkan arus Eksitasi dari exciter ke rotor generator menggunakan slip ring dan sikat arang. Penggunaan slipring dan sikat, biasanya digunakan pada generator yang berkapasitas kecil. Slipring ini terbuat dari bahan metal yang biasanya telah terpasang pada poros mesin tetapi terisolasi dari poros tersebut. Dimana kedua ujung belitan medan pada rotor dihubungkan ke slipring tersebut. Dengan menghubungkan terminal positif dan negatif dari sumber arus searah ke slipring melalui sikat, maka belitan medan akan mendapatkan suplai energi listrik arus searah dari sumber luar.

Prinsip kerja pada sistem Eksitasi dengan sikat (*Brush Excitation*)

Generator penguat yang pertama, adalah generator arus searah hubungan shunt yang menghasilkan arus penguat bagi generator penguat kedua. Generator penguat (*exciter*) untuk generator sinkron merupakan generator utama yang diambil dayanya. Pengaturan tegangan pada generator utama dilakukan dengan mengatur besarnya arus eksitasi (arus penguatan) dengan cara mengatur potensiometer atau tahanan asut. Potensiometer atau tahanan asut mengatur arus penguat generator pertama dan generator penguat kedua menghasilkan arus penguat generator utama.

Dengan cara ini arus penguat yang diatur tidak terlalu besar nilainya (dibandingkan dengan arus generator penguat kedua) sehingga kerugian daya pada potensiometer tidak terlalu besar. PMT arus penguat generator utama dilengkapi tahanan yang menampung energi medan magnet generator utama karena jika dilakukan pemutusan arus penguat generator utama harus dibuang ke dalam tahanan. Sekarang banyak generator arus bolak-balik yang dilengkapi penyearah untuk menghasilkan arus searah yang dapat digunakan bagi penguatan generator utama sehingga penyaluran arus searah bagi penguatan generator utama, oleh generator penguat kedua tidak memerlukan cincin geser karena penyearah ikut berputar bersama poros generator. Cincin geser digunakan untuk menyalurkan arus dari generator penguat pertama ke medan penguat generator penguat kedua. Nilai arus penguatan kecil sehingga penggunaan cincin geser tidak menimbulkan masalah. Pengaturan besarnya arus penguatan generator utama dilakukan dengan pengatur tegangan otomatis supaya nilai tegangan klem generator konstan.

Tipe-tipe Carbon Brush

Berdasarkan bahannya terdapat beberapa jenis Carbon brush, yaitu: a). Carbon (HC), digunakan untuk mesin dengan putaran rendah. b) Carbon-Graphite (CG), digunakan untuk mesin dengan putaran rendah. c) Electrographite (EG), digunakan untuk mesin industri (paling banyak digunakan untuk industri) d) Graphite (NG), digunakan pada motor slipring. e) Metal-Graphite (MG or MI),

digunakan untuk mesin yang memiliki current densit tinggi misalkan terdapat pada synchronous converter ring dan welding generator seperti pada Gambar 4. AVR tipe GES-3320 terletak di bagian dalam lemari pengatur. AVR berfungsi untuk pengaturan sinyal, kontrol dan kalkulasi, dan keluaran sinyal. Komputer menampung semua jenis simulasi dan nilai *switching*, kemudian menghitung dan melatih semua jenis simulasi dan nilai *switching* untuk mengontrol keluaran SCR dan untuk mengatur sistem eksitasi seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Carbon brush yang sudah terkikis dan baru



Gambar 5. Mesin AVR Cabinet

Jenis GES3320 yang diperbaiki dalam ruang kecil AVR terdiri dari sinyal yang mengatur, mengontrol dan menghitung, sinyal keluaran. AVR mengumpulkan semua sinyal analog dan sinyal digital tentang generator, dan mengimplementasikan fungsi perhitungan dan kontrol, dan output pulsa thyristor untuk mengontrol keluaran jembatan penyearah. Jenis AVR GES3320 adalah struktur saluran ganda yang berlebihan. Dua set perangkat keras termasuk pengumpulan sinyal, regulasi, input, perhitungan dan output sepenuhnya independen. Saluran ganda dapat beroperasi secara paralel. Ketika satu beroperasi, yang lainnya siaga panas. Kedua saluran dapat mendiagnosis diri sendiri dan saling mendiagnosis, menindaklanjuti, berkomunikasi, saling mengubah. AVR seri GES-3320 merupakan jenis channel I ganda struktur bertingkat. Ada dua set hardware 5 terpisah secara paralel yang dihubungkan satu sama lain dan juga bekerja secara bebas. Dua channel bekerja secara paralel dan menjadi warm standby satu sama lain. Kedua channel dapat mendiagnosis sendiri dan mendiagnosis satu sama lain, menindaklanjuti, berkomunikasi, dan berpindah satu sama lain. selain itu terdapat keterangan dari AVR Cabinet, selain itu AVR ini alat utama untuk *stabilizer* beban yang dibutuhkan oleh generator pada Gambar 37 di bawah ini. Berikut secara umum pada *Automatic Voltage Regulator* bekerja mengendalikan: (a) Terminal tegangan Generator UG, (b) Terminal Arus Generator IG, (c) Sistem Tegangan USYS, (d) Arus bidang IF dan (d) Sinkronisasi Tegangan USYSCH, perhatikan Gambar 6 di bawah ini.

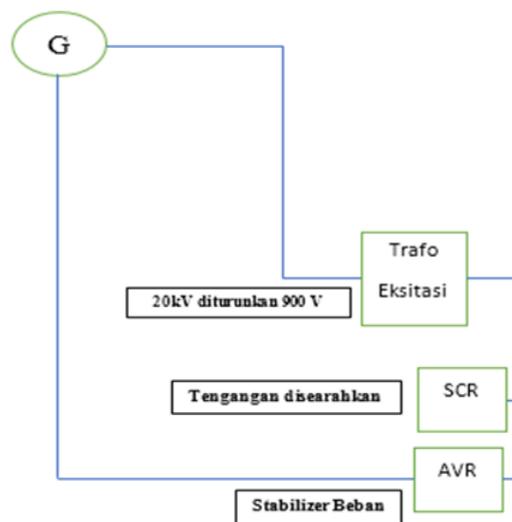


Gambar 6. Mesin sistem informasi auto voltage regulator AVR

Pada Gambar 6 di atas merupakan status informasi pada *Auto Voltage Regulator* AVR yang mana didalam sistem informasi tersebut memperlihatkan sistem kerja pada generator, Field AMP mencapai

77.00 %, React P 62.68 Mvr, generator Frekuensi, Active P dengan keterangan 163.8 MW dan Firing Angel 72.54 DEG. Munculkan grafik kuadrat untuk menampilkan status operasi generator yang ditandai dengan 'x'. Pada sistem eksitasi generator arus eksitasi didapatkan dari terminal generator. Arus medan dari generator sinkron mengalir melewati trafo eksitasi, penyearah (SCR), dan field breaker. Dalam hal ini, trafo eksitasi yang bertugas untuk menyamakan tegangan generator dengan tegangan input untuk penyearah (SCR), dan menyediakan isolasi galvanis antara terminal AVR dengan kumparan medan. Gambar diagram dibawah ini merupakan gambar diagram skematik AVR pada PLTU 2 Labuan. Pada sistem eksitasi generator statis ini, tipe AVR yang digunakan adalah GES-3320. Arus eksitasi didapatkan dari terminal generator. Arus medan dari generator sinkron mengalir melewati trafo eksitasi, penyearah (SCR), dan *field breaker*. Dalam hal ini, trafo eksitasi yang bertugas untuk menyamakan tegangan generator dengan tegangan input untuk penyearah (SCR), dan menyediakan isolasi galvanis antara terminal AVR dengan kumparan medan.

Komponen pada Sistem Eksitasi Generator PLTU 2 Labuan



Gambar 7. Diagram output dan input eksitasi PLTU 2 Labuan

Pada Gambar 7 di atas menunjukkan siklus diagram output dan input secara sederhana yang mana outputan generator itu sendiri dapat dijadikan suplay tegangan arus searah. Pengaturan tegangan generator pada sistem tenaga bertujuan untuk mendapatkan keseimbangan antara pembangkit terhadap perubahan beban yang terjadi, sehingga penyimpangan tegangan akibat perubahan beban tersebut dapat kembali ke tegangan semula. Tegangan generator tergantung pada sistem eksitasinya yang dikontrol oleh Automatic Voltage Regulator (AVR). Desain sistem kontrol eksitasi tersebut sangat berpengaruh terhadap performasi sebuah Generator.

Motor Listrik DC Suplay Eksitasi *Carbon Brush*

Pada Gambar 8 di bawah merupakan gambar *Brush Gear Assembly* motor listrik DC diantaranya berhubungan dengan eksitasi outputan dari *Automatic Voltage Regulator* (AVR) motor ini menggunakan carbon brush atau biasa disebut Sikat Arang. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator, atau sebaliknya generator DC bisa difungsikan sebagai motor DC. Akan tetapi motor listrik juga dapat di fungsikan sebagai suplay eksitasi tegangan DC dengan model gambar bawah ini.



Gambar 8. Brush Gear Assembly Motor DC

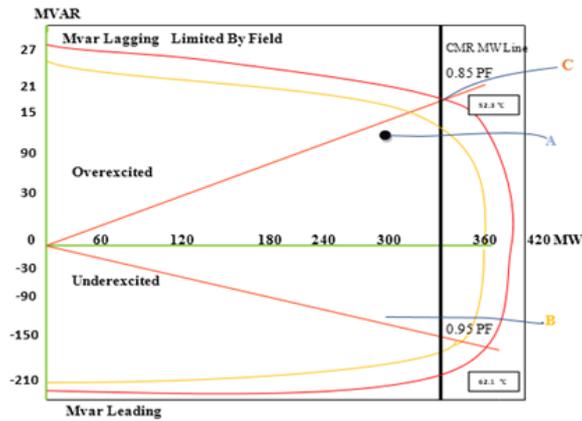
Pada motor listrik ini bertegangan *Direct Current* (DC) ini Hasilnya digunakan untuk memberikan arus eksitasi pada generator utama. Jika tegangan sudah mencapai nilai yang diinginkan untuk menjaga tegangan agar berada pada nilai nominalnya menggunakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang digunakan untuk memerintahkan PMG menaikkan atau menurunkan arus eksitasinya. Pada gambar di atas bagian rotor mesin DC salah satu ujungnya terdapat komutator yang merupakan kumpulan segmen tembaga yang tiap-tiap ujungnya disambungkan dengan ujung belitan rotor Komutator merupakan bagian yang sering dirawat dan dibersihkan karena bagian ini bersinggungan dengan sikat arang untuk memasukkan arus dari jala-jala ke rotor. Sikat arang (*carbon brush*) lihat pada Gambar 35 dipegang oleh pemegang sikat (*brush holder*) agar kedudukan sikat arang stabil. Pegas akan menekan sikat arang sehingga hubungan sikat arang dengan komutator tidak goyah. Sikat arang akan memendek karena usia pemakaian dan secara periodik harus diganti dengan sikat arang baru.

Kurva Kapabilitas Generator

Pokok utama dalam analisis performa generator adalah daya aktif dan daya reaktif salah satu cara untuk dapat mengetahui batasan performa dari suatu generator adalah dengan membaca dan mengamati kurva kapabilitas. Kurva Kapabilitas Generator adalah kurva yang menjelaskan pola oprasi generator yang dilihat dari sisi generator dilihat dari sisi beban yang diterima jaringan, dari grafik ini ditentukan titik oprasi terbaik Generator mampu menyerap atau memberikan daya reaktif, namun kemampuan ini dibatasi oleh kurva kapabilitas reaktif yang dimiliki oleh setiap generator.

Jika generator memberikan atau mensuplai daya reaktif, bisa dikatakan generator bersifat kapasitif, namun jika eksitasinya berlebihan (*Over Excitation*) maka hal ini akan mengakibatkan panas yang berlebihan pada lilitan rotornya, dan jika generator menyerap daya reaktif, bisa dikatakan generator bersifat induktif, namun jika eksitasinya kurang (*Under Excitation*) maka hal ini akan mengakibatkan panas yang berlebihan pada lilitan statornya. Kondisi *Over Excitation* dan *Under Excitation* pada saat pengoperasian harus dihindari, seperti disebutkan diatas dan efek domino yang diakibatkan tidaklah kecil, karena pemanasan yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan laminasi dari lilitan-lilitan tersebut dan jika lilitan dari laminasi tersebut rusak maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi hubung singkat antar fasa atau dengan body generator, seperti pada Gambar 9 di bawah ini.

Titik operasi generator PLTU 2 Labuan saat pengambilan data berada di titik A. Pada titik A nilai faktor daya sebesar 0,85 memproduksi daya reaktif 130 MVAR dan daya aktif sebesar 300 MW. Perbedaan titik merah A dan titik B adalah titik A daya reaktif itu bersifat induktif atau legging. Pada kondisi legging arus akan tertinggal sehingga generator menghasilkan daya reaktif. namun sebaliknya titik B genarator justru bersifat induktif atau menyerap daya reaktif dan jika hal ini terus terjadi maka generator akan cepat panas pada bagian rotor maupun stator sehingga dapat merusak isolasi stator pada generator. Sedangkan untuk titik C adalah titik maksimal jika generator pada PLTU 2 Labuan bekerja 100%.



Gambar 9. Kurva kapabilitas generator 300 MW PLTU 2 Labuan

Sesuai dengan spesifikasi generator yaitu Generator akan bekerja maksimal jika faktor daya 0,85 dan menghasilkan daya aktif sebesar 330MW. Gambar 31 di merupakan salah satu contoh kurva kapabilitas. Batas Daya Semu (MVA) atau ditunjukkan garis warna merah dan biru yang bergaris secara diagonal. Kurva kapabilitas generator dapat menunjukkan kemampuan dari turbine/prime mover secara tidak langsung. Dengan keterangan di tiap-tiap batas maksimal dan batas minimum diantaranya adalah: (1) Batas maksimum daerah lagging di dalam kurva adalah garis diagonal keatas berwarna merah lagging dimana dalam kondisi ini generator akan menyuplai MVAR (daya reaktif) ke penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B). (2) Batas maksimum daerah leading; di dalam kurva adalah garis diagonal kebawah berwarna Biru leading; dimana dalam kondisi ini generator akan menyerap MVAR (daya reaktif). Pada daerah leading sangat tidak baik untuk ketahanan generator, karena generator seharusnya menghasilkan daya reaktif bukan menyerap daya reaktif. Jika dibiarkan dalam kurun waktu yang lama maka generator akan berubah menjadi motor atau terjadi reverse power.

Hubungan antara MVA, MW dan MVAR adalah sebagai berikut: pada "Nameplate" generator PLTU Sebalang tertulis; 110 MW, PF =0.85, 13.8 kV, 5414 A. Artinya adalah maksimum kemampuan dari generator adalah di 110 MW, dengan faktor daya di 0.85 lagging, dan maksimum arus yang bisa dihasilkan adalah 5414 A pada kurva ditunjukkan pada titik C. Pada prinsipnya, operasi didalam kurva (garis warna merah dan biru bagi generator adalah aman, namun dalam aspek keandalan (reliability) dan fakta di lapangan, operasi pada daerah tertentu dan dalam periode yang lama akan mempengaruhi umur dari generator tersebut. Berikut beberapa contoh umum kondisi yang berpengaruh terhadap kondisi generator: (1) Output generator beroperasi di daerah lagging, merupakan daerah normal operasi di semua generator, yaitu generator menghasilkan dan mengirimkan daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR). Namun, peningkatan daya reaktif (MVAR) dari generator akan meningkatkan suhu pada rotor. (2) Output generator beroperasi di daerah leading, merupakan kondisi yang tidak normal pada operasi generator. Kondisi ini dapat disebabkan oleh kondisi jaringan yang berlebih daya reaktif (MVAR), sehingga tegangan di jaringan lebih tinggi dari nominal. Dalam kondisi leading, akan mendekati kondisi yang tidak stabil pada generator, dan peningkatan penyerapan daya reaktif akan meningkatkan suhu "end winding core" atau inti stator. Jika kondisi ini terjadi terus menerus dalam waktu yang cukup lama, maka ada kemungkinan winding tersebut bisa rusak akibat panas dari inti stator. Jadi batas-batas operasi generator akan sesuai dengan desain generator itu sendiri. Meskipun operasi normal ada di daerah lagging, namun di Pembangkit, generator harus siap dioperasikan dalam kondisi leading. Oleh karena itu, penting bagi setiap Operator, Maintenance and Engineer untuk tetap melihat, mengevaluasi parameter-parameter dan kinerja dari generator, agar umur dari generator dapat dicapai sesuai dengan target umur di Pembangkit.

Dengan menggunakan alur diagram pada Gambar 5 di atas merupakan output generator yang menjelaskan dengan gambar yang sederhana dan mudah di pahami sebagai alur diagram. Pada Tabel 1 di bawah ini menjelaskan mengenai keterangan beban, daya, reaktif, tegangan stator dan frekuensi seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data keterangan beban, daya reaktif, tegangan stator dan frekuensi

ITEM	LOAD	REACTIVE POWER	STATOR GEN CURRENT	STATOR GEN VOLTAGE	FREQ
Hours	MW	Mvar	A	Kv	Hz
00 : 00	237	36	6860	19.97	49.93
02 : 00	218	27	6268	19.98	49.97
04 : 00	218	19	6309	19.96	49.98
06 : 00	223	19	6269	19.96	50.15
08 : 00	222	33	6358	19.96	49.92
10 : 00	218	37	6183	19.98	49.98
12 : 00	218	31	6263	19.98	49.92
14 : 00	214	36	6133	19.98	49.94
16 : 00	218	30	6106	19.96	50.02
18 : 00	215	22	6178	19.95	49.93
20 : 00	214	13	6161	19.95	49.95
22 : 00	218	25	6019	19.94	50.13

Pada Tabel 1 di atas memperlihatkan logsheet generator PLTU 2 Labuan pada unit 2 harian dengan hasil perhitungan beban output yang di hasilkan. Pada Tabel 2 di bawah ini merupakan data output beban pada operasi harian PLTU 2 Labuan, yang merupakan hasil data beban dan operasi harian, seperti Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data beban dan operasi harian

JAM	ROH	REQUEST APB	REALISASI BEBAN			PEMAKAIAN SENDIRI
			GROSS	NETTO	REAKTIF	UAT
Samian	MW	MW	MW	MW	Mvar	MW
00 : 30	200	200	224	210	25	14
01 : 00	200	200	221	270	26	14
01 : 30	200	200	220	206	22	14
02 : 00	200	200	218	204	27	14
02 : 30	200	200	214	200	20	14
03 : 00	200	200	220	206	21	14
03 : 30	200	200	217	203	17	14
04 : 00	200	200	218	204	19	14
04 : 30	200	200	215	201	15	14
05 : 00	200	200	217	203	17	14
05 : 30	200	200	218	204	17	14
06 : 00	200	200	223	209	19	14
06 : 30	200	200	221	207	19	14
07 : 00	200	200	220	206	17	14
07 : 30	200	200	220	206	23	14
08 : 00	200	200	222	209	33	13
08 : 30	200	200	222	209	29	13
09 : 00	200	200	222	209	31	13
09 : 30	200	200	216	203	36	13
10 : 00	200	200	218	205	37	13
10 : 30	200	200	216	203	35	13
11 : 00	200	200	215	202	33	13
11 : 30	200	200	214	201	32	13
12 : 00	200	200	218	205	31	13

Kesimpulan

Dari hasil analisa sistem eksitasi Generator sinkron 3 phasa di PT. Indonesia Power 2 Labuan dapat di ambil simpulan sebagai berikut:

1. Sistem eksitasi yang digunakan pada PLTU 2 Banten Labuan adalah GES-3320 yang merupakan sistem eksitasi statis dengan sikat dimana tenaga eksitasi diambil dari terminal generator sendiri (self excitation). Sistem eksitasi ini merupakan komponen yang sangat penting Bila arus eksitasi naik maka daya reaktif yang disalurkan generator ke sistem akan naik sebaliknya bila turun maka daya reaktif yang disalurkan akan berkurang. Jika arus eksitasi yang diberikan terlalu kecil, aliran daya reaktif akan berbalik dari sistem menuju ke generator sehingga generator menyerap daya reaktif dari sistem. Keadaan ini sangat berbahaya karena akan menyebabkan pemanasan berlebihan pada stator.
2. Penggunaan sikat arang dan slip ring mempunyai kelemahan timbulnya rugi gesekan pada poros generator dan besarnya arus yang mampu dialirkan pada sikat arang relatif kecil. Berdasarkan cara penyaluran arus searah pada rotor generator sinkron, sistem eksitasi terdiri dari dua jenis yaitu sistem eksitasi dengan menggunakan sikat (brush excitation) yang terdiri dari sistem eksitasi konvensional dan eksitasi statis dan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (brushless excitation) yaitu menggunakan sistem permanen magnet generator.
3. AVR berfungsi untuk mengatur arus eksitasi yang disalurkan, tegangan terminal generator dan daya reaktif generator, agar tegangan generator tetap konstan meskipun beban berubah-ubah. Unit AVR (Automatic Voltage Regulator) berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan output generator. Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan pada eksiter. Apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator maka AVR akan memperbesar arus penguatan (excitation) pada eksiter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (excitation) pada eksiter

Daftar Pustaka

- [1] Armansyah. 2016. Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Journal of Electrical Technology* Vol. 1.
- [2] Pamungkas, R. C, Muhamad, Y. M & Ramadoni, S. 2017. Analytical Studies of the Excitation System of Synchronous Generator in Steam Power Plant Unit 3 and 4 at PJB UP Gresik. *Journal of Electrical Technology UMY* 1.
- [3] Laksono, H. D, Revan, M & Azano, R. 2014. Pemodelan dan Analisa Sistem Eksitasi Generator. *TeknikA* 21.
- [4] Eremia, M & Shahidehpour, M. 2013. *Handbook of Electrical Power System Dynamics*. New Jersey: Wiley.
- [5] Sudaryanto, A. 2016. Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Journal of Electrical Technology* Vol. 1.
- [6] Prasetijo, H. Ropiudin, Dharmawan. B. 2012. *Generator Magnet Permanen sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah*. *Dinamika Rekayasa* Vol. 8.