

ANALISIS PERFORMA GENERATOR *QF-110-2*

PLTU SEBALANG

Sabar Kurnianto¹, Ramadhoni Syahputra², Anna Nur Nazilah Shamim³

^{1,2,3}Departement of Electrical Engineering, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto Kasihan Bantul, (0274)387656

*Corresponding author, e-mail : sabarkurnianto@gmail.com

ABSTRACT

*In the use of electrical appliances in a teroritis all electrical equipment has a life limit as well as generator generator, of course the longer generator generator is used then the generator will experience a decrease in performance. In this final project will be conducted "Performance Analysis of Generator *QF-110-2* PLTU Sebalang" using generator output tolerance calculation, generator output graph observation and generator capability curve analysis. From the results of generator performance analysis will be very useful both for the author and for the PLTU because the results can know whether the generator is still in a reliable condition or not. Performance of generator *QF-110-2* PLTU Sebalang still in a reliable condition, this is evidenced by the observation results of the generator capability curve that is active power 82.7 MW; Reactive power 38.1 MVAR and 0.92 Power Factor work under normal conditions (Legging). The generator output for the highest frequency is 50,24652 Hz and the lowest frequency 49,8926 Hz is still within the tolerance range due to the tolerance limit for maximum frequency of 50.5 Hz and the minimum frequency is 49.5 or $\pm 1\%$ from 50Hz. While the highest voltage output is 13,9203 kV and the lowest is 13,7443 kV also still in tolerance limit, because the tolerance limit for maximum voltage is 14,49 kV and the minimum voltage is 13,11 kV or $\pm 5\%$ from 13.8kV This result also membuktikan that the performance of the generator is still in a reliable state*

Keywords: Generator performance, Limit tolerance, Generator capability curve

I. Pendahuluan

Indonesia adalah negara berkembang dimana pada saat ini kemajuan akan teknologi semakin pesat. Permintaan energi listrik akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kegiatan sehari-hari. Hampir semua peralatan yang digunakan memerlukan energi listrik, mulai dari peralatan rumah tangga hingga mesin-mesin industri yang membutuhkan energi listrik yang besar.

Kesiapan pemerintah Indonesia dalam menghadapi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat adalah dengan membuat sebuah wacana yang tidak tanggung-tanggung, proyek listrik 35.000 Megawatt. Proyek tersebut bukanlah suatu hal yang mudah untuk dicapai mengingat perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk mencapai kualitas energi listrik yang baik dan handal, tidak hanya terpacu pada kuantitas besar listrik yang dihasilkan. Performa generator akan mengalami penurunan fungsi akibat beberapa faktor seperti *derating* (penurunan beban) atau *trip* (unit *shutdown*), faktor lamanya

pemeliharaan, kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan serta faktor-faktor lain. Demikian halnya dengan Generator yang dimiliki PLTU Sebalang Lampung, yang sudah mulai beroperasi sejak November 2011 untuk PLTU unit 1 dan Februari 2012 untuk unit 2, pastinya setelah sekian lama beroperasi generator tersebut akan mengalami penurunan performa dan fungsi. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap performa generator apakah generator masih dalam batasan kondisi yang handal atau tidak.

II. Metode Penelitian

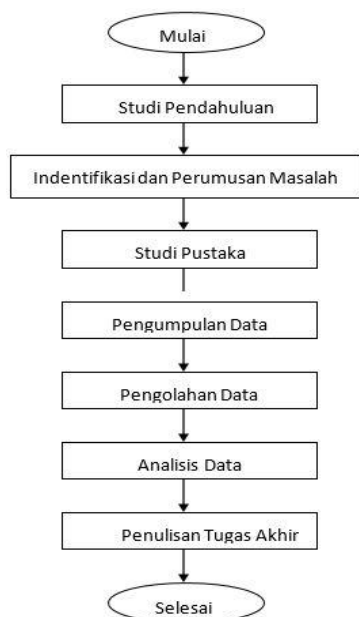
Metode yang dilakukan pada penelitian ini memiliki tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan observasi dan perizinan pengambilan data *output* generator di PLTU Sebalang yang mendukung data untuk penelitian.
2. Mengalisis keseluruhan data *output* generator seperti Frekuensi, Daya aktif (MW), Daya reaktif (MVAR), Tegangan *output* R, S, T,(kV) Arus R, S, T (A), Arus Eksitasi (If), Tegangan Eksitasi (VDC) dan Faktor daya ($\cos \alpha$) dalam bentuk tabel maupun grafik.

3. Mengamati kurva kapabilitas generator yang didapat dari PLTU Sebalang .

Penelitian ini menggunakan aplikasi *Microsoft Exel 2016* dan *Corel Draw X7*

yang berfungsi untuk membuat grafik keseluruhan *output* generator dan menunjukkan grafik perhitungan untuk mendapatkan data keseluruhan dari pengujian yang telah dilakukan. Ini bertujuan agar mengetahui performa pada sebuah generator pembangkit. Dalam penulisan tugas akhir penulis menggunakan metode penelitian mengikuti alur *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2.1 *flowchart* metode penelitian
(Sumber: Anonim 2007)

Berikut ini penjelasan dari langkah-langkah penulisan tugas akhir :

1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam metode penulisan. Pada tahap ini dilakukan observasi dan perijinan pengambilan data *output* generator yang mendukung pada penelitian, data- data yang diambil adalah data real generator di PLTU Sebalang.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah melakukan studi pendahuluan, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan perumusan masalah. Pada tahap ini penelitian merumuskan permasalahan yaitu bagaimana hasil pengujian performa generator di PLTU Sebalang. Sedangkan solusi untuk permasalahan tersebut dengan melakukan analisis performa generator pembangkit melalui kurva kapabilitas generator.

3. Studi Pustaka

Untuk mendukung penulisan tugas akhir tentunya perlu dilakukan studi pustaka untuk mencari landasan teori, metode, dan konsep yang mendukung penulisan tugas akhir.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung di PLTU Sebalang, dengan melakukan *tradding output generator*, wawancara dengan beberapa karyawan dan pembimbing lapangan.

5. Pengolahan Data

Setelah data yang diperlukan terkumpul kemudian dilakukan proses pengolahan data. Pengolahan data ini menentukan hasil analisis pengujian performa generator dengan cara melakukan pengamatan dan menganalisis kurva kapabilitas generator.

6. Analisis Data

Dari hasil pengamatan *output* generator akan didapatkan hasil yang menunjukkan apakah generator masih memiliki performa yang baik atau tidak. Hasil pengamatan diperjelas menggunakan kurva kapabilitas generator dibuat berdasarkan data-data real yang diperoleh di PLTU Sebalang.

7. Penulisan Tugas Akhir

Setelah selesai melakukan pengolahan data dan analisis data maka langkah berikutnya menyusun

tugas akhir sesuai dengan aturan yang baku dan penulisan sesuai dengan tata cara yang berlaku.

III. Analisis dan Pembahasan

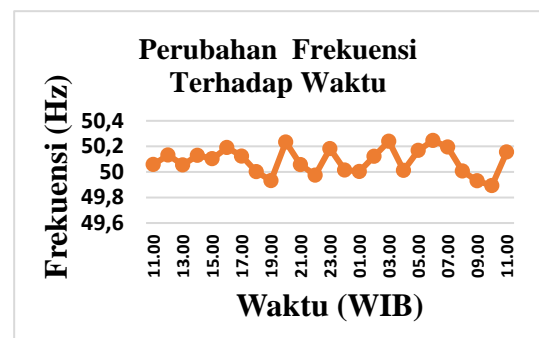
1. Perubahan Frekuensi Terhadap Waktu

Batas toleransi yang berlaku pada frekuensi adalah +1% dan -1% dari 50Hz sehingga 50.5Hz batas frekuensi maksimal dan 49,5Hz batas frekuensi minimal jadi dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

Rumus

$$\% = \frac{\text{frekuensi output}}{50\text{Hz}} \times 100\%$$

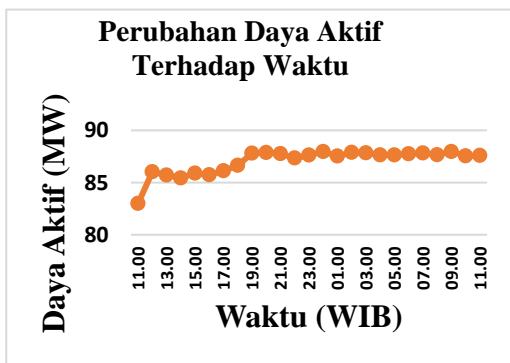
Frekuensi pada pukul 11.00 = $\frac{50,058\text{Hz}}{50\text{Hz}} \times 100\% = +0,116$ (masih dalam batas toleransi)



Gambar 3.1 Perubahan Frekuensi Terhadap Waktu

2. Perubahan Daya Aktif Terhadap Waktu

Di PLTU Sebalang permintaan daya listrik saat itu hanya sebesar 75 MW dan untuk memenuhi kebutuhan sendiri sebesar 10 MW. Jadi daya *output* generator total sebesar 85 MW. Sehingga generator pada saat itu tidak sedang bekerja 100% dari kapasitas tenaga listrik generator 110 MW yang bekerja hanya sebesar 77% atau sebesar 85MW. Untuk batasan standar daya aktif yaitu sebesar +5% dan -5% dari daya aktif atau +4.25 MW dan - 4,25 MW yang dihasilkan generator.

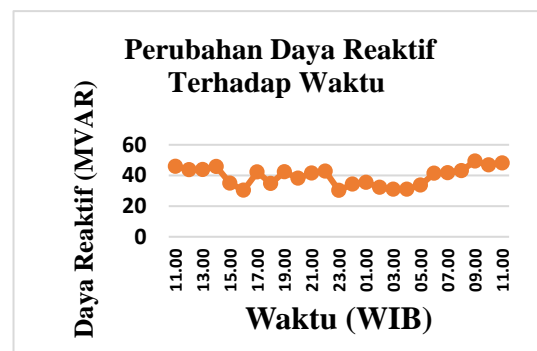


Gambar 3.2 Perubahan Daya Aktif Terhadap Waktu

Jadi nilai *output* tertinggi pada pukul 00.00 WIB dan 09.00 WIB sebesar 88 MW sedangkan untuk nilai *output* terendah pada pukul 11.00 WIB 10 April 2018 sebesar 83 MW.

3. Perubahan Daya Reaktif Terhadap Waktu

Selain menghasilkan daya aktif generator juga menghasilkan daya reaktif. Besar kecil daya reaktif dipengaruhi oleh arus eksitasi yang diinjeksikan pada generator. Semakin besar arus eksitasi yang diinjeksikan ke generator maka semakin besar daya reaktif yang dihasilkan generator. Besar daya reaktif adalah 45% jadi ketika daya aktif yang dihasilkan generator sebesar 85 MW maka daya reaktifnya sebesar 38,25 MVAR dimana saat itu faktor daya sebesar 0,92. Untuk toleransi daya reaktif sebesar 30% berikut ini adalah perhitungan batas toleransi daya reaktif.



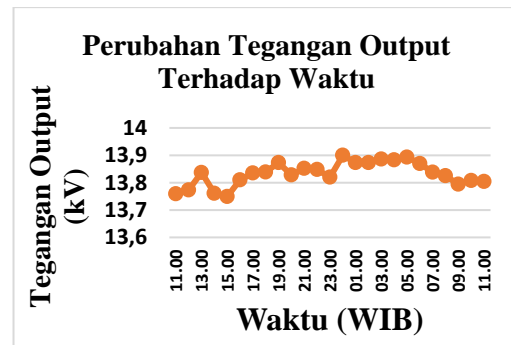
Gambar 3.3 Perubahan Daya Aktif Terhadap Waktu

Dari pengamatan grafik *output* terbesar 50,244 MVAR terjadi pada pukul 08.00 dan 11.00 sedangkan untuk *output* terendah terjadi pada

pukul 16.00 yaitu sebesar 30,34 MVAR.

4. Perubahan Tegangan Output R, S, T Terhadap Waktu

Generator memiliki spesifikasi *output* tegangan 13.8kV 3 fasa. Keluaran tegangan generator dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti beban konsumen, frekuensi, dan arus eksitasi. Tegangan *output* akan terjadi turun tegangan ketikan beban konsumen bertambah kemudian yang harus dilakukan adalah menambah arus eksitasi. Namun pada saat arus eksitasi ditambah maka yang terjadi adalah turbin sangat bekerja keras memutar jangkar generator sehingga kecepatan putaran menurun, langkah yang harus diambil adalah menambah tekanan uap pada turbin sehingga turbin dapat menghasilkan putaran 3000 rpm dan dapat mencapai frekuensi 50Hz. Untuk batasan toleransi tegangan *output* adalah +5% dan -5% dari tegangan standar

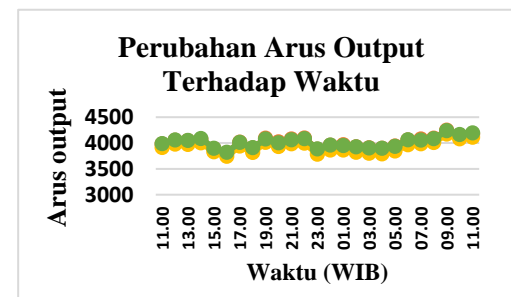


Gambar 3.4 Perubahan *Output* Tegangan Terhadap Waktu

Nilai tegangan *output* tertinggi terjadi pada pukul 00.00 WIB sebesar 13.87 kV dan *output* tegangan terendah terjadi pada pukul 15.00 WIB sebesar 13.75 kV.

5. Perubahan Arus Generator R, S, T Terhadap Waktu

Arus generator tidak akan muncul ketika belum ada beban. Sehingga yang menentukan besar kecilnya arus generator adalah beban. Beban yang dimaksud adalah beban konsumen dalam hal ini PLTU Sebalang diatur pembagian beban konsumen oleh penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B).

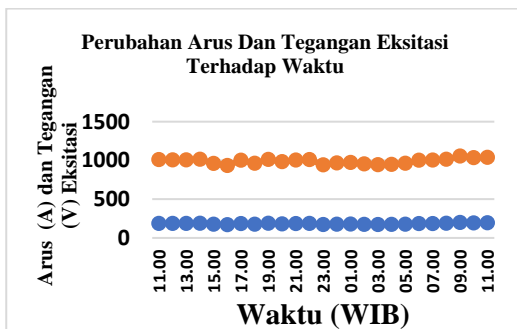


Gambar 3.5 Perubahan *Output* Arus R, S, T Terhadap Waktu

Dapat diamati bahwa *output* arus tertinggi adalah 4239 A pada fasa T yang pada saat itu terjadi pada pukul 09.00 WIB kemudian untuk *output* arus terendah adalah 3812 A yang terjadi pada pukul 16.00 WIB.

6. Perubahan Arus dan Tegangan Eksitasi Terhadap Waktu

Tegangan yang digunakan pada sistem eksitasi adalah tegangan DC karena hanya dengan tegangan DC jangkar pada generator dapat menghasilkan medan magnet. Medan magnet inilah yang akan membangkitkan tegangan *output* pada generator. Tegangan eksitasi diperoleh dari salah satu fasa *output* generator setelah sebelumnya disearahkan dahulu. Berikut ini adalah pembacaan tegangan DC yang digunakan untuk eksitasi.

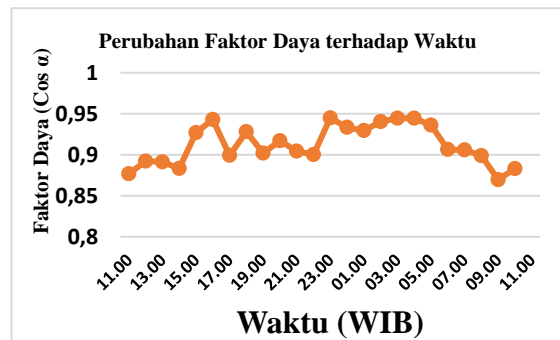


Gambar 3.6 Perubahan Arus Dan Tegangan Eksitasi Terhadap Waktu

Dapat diamati bahwa untuk arus dan tegangan eksitasi tertinggi terjadi pada pukul 09.00 WIB yaitu sebesar 197,71 VDC dan 1055,55 A.

7. Perubahan Faktor Daya Terhadap Waktu

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (MW) dan daya semu (MVA). Faktor daya sangat berpengaruh terhadap besar dan kecilnya daya reaktif (MVAR). Berikut



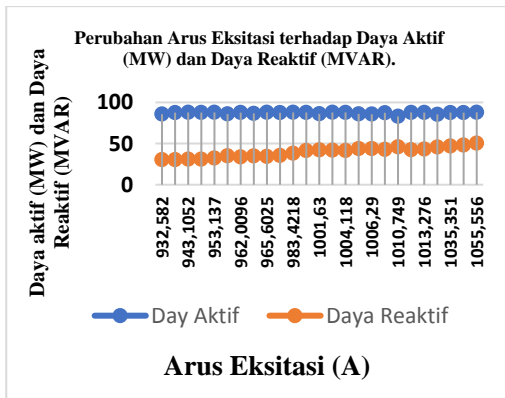
ini adalah tabel nilai faktor daya.

Gambar 3.7 Perubahan Faktor Daya Terhadap Waktu

8. Perubahan Arus Eksitasi terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR).

Dari data tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan antara Arus eksitasi terhadap *output* daya aktif dan daya reaktif, berikut ini adalah hasil grafik yang diperoleh dari data *output* generator sinkron yang dimiliki PLTU Sebalang unit 2.

Jika kembali kepada teori yang terjadi adalah ketika arus eksitasi ditambah maka baik daya aktif (MW) maupun daya reaktif (MVAR) akan mengalami peningkatan.



Gambar 3.8 Perubahan Arus Eksitasi terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR).

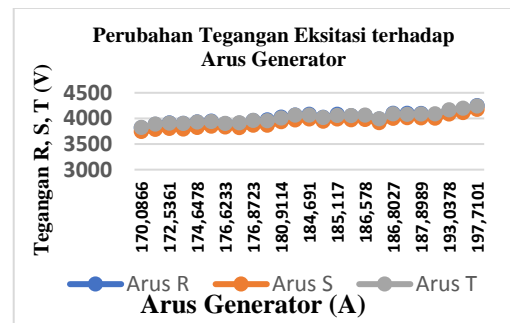
Pada grafik dapat diamati bahwa ketika arus eksitasi naik maka yang terjadi daya reaktif mengalami peningkatan sedangkan daya aktif cenderung mengalami penurunan ketika daya reaktif naik. Peningkatan yang signifikan terjadi pada saat arus eksitasi 1055,55 A ini terjadi pada pukul 09.00 11 April 2018. Tujuan dari eksitasi sendiri adalah membuat medan magnet pada rotor.

Pada proses pembuatan magnet tentunya memerlukan daya reaktif. Tanpa daya reaktif maka tidak akan ada daya aktif. Pada pengaruh eksitasi terhadap daya aktif dan daya reaktif

dapat diperkuat dengan adanya kurva kapabilitas generator.

9. Perubahan Tegangan Eksitasi terhadap Arus Generator R, S, T.

Selain berpengaruh pada daya aktif dan daya reaktif, apakah arus eksitasi juga berpengaruh terhadap arus jangkar pada generator yang kemudian dapat diamati dalam grafik berikut ini.

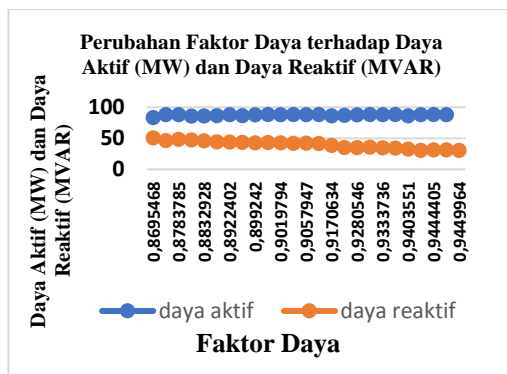


Gambar 3.9 Perubahan Tegangan Eksitasi Terhadap Arus Generator R, S, T.

Dari gambar grafik diatas dapat diamati bahwa tegangan eksitasi memiliki pengaruh langsung terhadap arus generator R, S, T. Jadi yang dilakukan ketika beban naik bukan hanya arus eksitasinya yang bertambah namun tegangan eksitasi juga bertambah walau tidak signifikan seperti arus eksitasi. Secara teori jika beban konsumen naik maka dibutuhkan daya aktif lebih banyak sehingga secara tidak langsung arus jangkar generator R, S, T juga akan naik.

10. Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Pengaruh faktor daya terhadap daya aktif dan daya reaktif sangat signifikan karena secara hukum segi tiga daya, besar kecilnya faktor daya akan mempengaruhi daya reaktif dan besar kecil daya reaktif akan mempengaruhi daya aktif.



Gambar 3.10 Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Ketika faktor daya naik yang terjadi pada nilai daya reaktif adalah turun dan seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa nilai daya aktif dan daya reaktif akan selalu berlawanan. Perbaikan faktor daya sangat penting namun harus dicermati bahwa nilai faktor daya terbaik adalah mendekati 1 dan batas minimal 0.85.

11. Perubahan Tegangan Output Generator Terhadap Daya Aktif (MW)

Rumus perhitungan daya aktif adalah

$$P = V.I$$

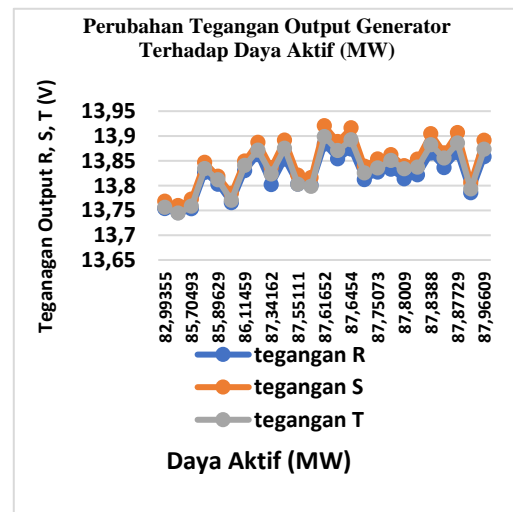
dimana:

$$P = \text{daya aktif (MW)}$$

$$V = \text{tegangan (V)}$$

$$I = \text{arus (A)}$$

Ketika daya aktif mengalami



kenaikan maka yang terjadi secara teori tegangan tetap dan arus jangkar generator naik.

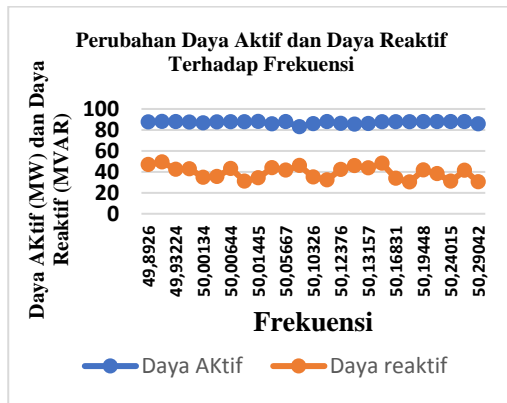
Gambar 3.11 Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Setelah data dibuat grafik yang menunjukkan bahwa naik dan turunya daya aktif juga akan berpengaruh terhadap naik dan turunnya tegangan output jangkar generator R, S, T.

12. Perubahan Daya Aktif dan Daya Reaktif Terhadap Frekuensi

Beban konsumen yang naik dan turun sangat mempengaruhi tegangan

Output dan frekuensi. Ketika beban konsumen naik maka yang terjadi tegangan turun dan putaran generator turun sehingga frekuensi generator juga turun. Berikut adalah grafik pengaruh daya aktif dan daya reaktif terhadap frekuensi.



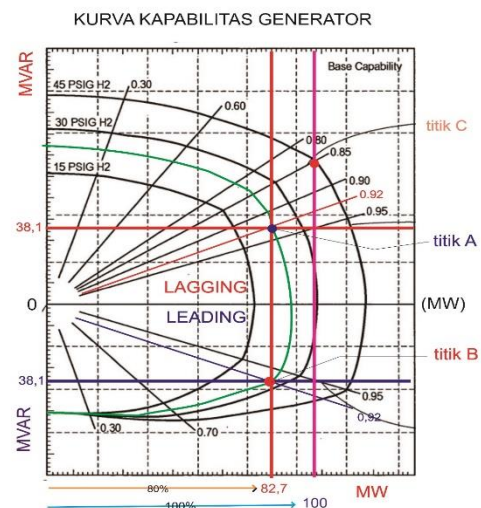
Gambar 3.12 Perubahan Daya Aktif dan Daya Reaktif Terhadap Frekuensi

Secara teori jika tegangan turun karena beban bertambah yang harus dilakukan adalah menambah tegangan eksitasi sehingga arus eksitasi naik dan daya aktif juga naik namun yang terjadi justru frekuensi semakin turun karena turbin semakin berat memutar generator. Adapun langkah yang benar adalah selain menambah tegangan eksitasi tekanan uap juga harus ditambah sehingga turbin mampu menaikkan frekuensi generator. Ini terbukti pada gambar 4.14 bahwa

frekuensi tidak mengalami penurunan frekuensi yang signifikan.

13. 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 operasi generator yang dilihat dari sisi generator dilihat dari sisi beban yang diterima jaringan, dari grafik ini ditentukan titik operasi terbaik



Gambar 3.13 Kurva Kapabilitas Generator

Titik operasi generator PLTU Sebalang saat pengambilan data berada di titik A. Pada titik A nilai faktor daya sebesar 0,92 memproduksi daya reaktif

38.1 MVAR dan daya aktif sebesar 82,7 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 generator 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 Sebalang bekerja 100% . Sesuai dengan spesifikasi generator yaitu Generator akan bekerja maksimal jika faktor daya 0,85 dan menghasilkan daya aktif sebesar 100MW.

Gambar 4.16 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.

1. Batas maksimum daerah *lagging* di dalam kurva adalah garis diagonal keatasberwarna 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 menyerap daya reaktif. Jika dibiarkan dalam kurun waktu yang lama maka generator akan berubah menjadi motor atau terjadi *reverse power*.

IV PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan data *output* generator QF-110-2 PLTU Sebalang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Performa generator QF-110-2 PLTU Sebalang masih dalam keadaan handal, hal ini dibuktikan dari hasil pengamatan kurva kapabilitas generator yaitu Daya aktif 82,7 MW; Daya reaktif 38,1 MVAR dan Faktor Daya 0,92 bekerja pada kondisi normal (*legging*).
2. *Output* generator untuk frekuensi

tertinggi 50,24652 Hz dan frekuensi terendah 49,8926 Hz masih dalam batasan toleransi karena batasan toleransi untuk frekuensi maksimal 50,5 Hz dan frekuensi minimal 49,5 atau $\pm 1\%$ dari 50Hz. Sedangkan *output* tegangan tertinggi 13,9203 kV dan terendah 13,7443 kV juga masih dalam batasan toleransi, karena batasan toleransi untuk tegangan maksimal 14,49 kV dan tegangan minimal 13,11 kV atau $\pm 5\%$ dari 13.8kV hasil ini juga membuktikan bahwa performa generator masih dalam keadaan handal

4.2 Saran

Dari hasil analisis dan perhitungan performa generator ada beberapa hal yang harus dipahami agar performa generator tetap baik dan handal yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengamatan mengenai analisis performa eksitasi terhadap *output* generator karena tingkat performa eksitasi juga akan mempengaruhi tingkat performa generator secara keseluruhan.
2. Perlu dilakukan analisis kerusakan kerusakan yang terjadi ketika generator dalam kondisi *overhaul* sehingga untuk kedepannya

diharapkan tidak terjadi kerusakan yang sama.

3. Perlu dilakukan analisis tindakan preventif terhadap tingkat kerusakan generator saat kondisi generator beroperasi sehingga bisa memperpanjang usia generator.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, Syamsir. 2001. *Dasar Pembangkitan dan Pengukuran Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Aryanto. Adhi (2017) *Analisis Pengaruh Beban Terhadap Kinerja Generator Qfsn 300-2-20b*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Dwi Istiawan. Danis (2018) *Analisis Generator Tenaga Uap Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Listrik Di Pt. Madubaru Yogyakarta*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Marsudi, Djiteng (2005). *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta : penerbit Erlangga 2005.

- Septiawan. Dwi (2017) *Studi Sistem Eksitasi Pada Generator Sinkron Di Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta) Musi Bengkulu*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra. Ramadoni, Soesanti. Indah (2015) *Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Generator Sinkron Magnet Permanen 2 Kw Berputaran Rendah*. Yogyakarta: *journal repository* Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra. Ramadoni, Robandi. Imam, Ashari. Mochamad (2014) *Performance Analysis Of Wind Turbine As A Distributed Generation Unit In Distribution System*. Yogyakarta: International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)
- Wakil, M. M. El (1992). *Instalasi Pembangkit Daya Jilid 1*. Jakarta : Penerbit Erlangga 2005
- Wijaya, Mochtar, “*Dasar-Dasar Mesin Listrik*”, Penerbit Djambatan, Jakarta,2001.