

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP ARUS EKSTIASI PADA GENERATOR SINKRON

Ibnu Jai Mubarak, Ramadoni Syahputra, Muhamad Yusvin Mustar
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta 55183
Email: ibnujai03@gmail.com

Intisari

PLTA Unit Pembangkitan (UP) Mrica berada di wilayah Banjarnegara, Jawa Tengah. Memanfaatkan air yang ditampung di waduk untuk menggerakkan turbin sehingga memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Memiliki 3 buah unit generator sinkron berkapasitas masing-masing 60 MW atau berkapasitas 180 MW jika beroperasi penuh. Generator sinkron adalah sebuah alat yang memiliki fungsi untuk mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan tentunya diharapkan bisa memenuhi beban dari konsumen. Ketika beban berubah-ubah, maka akan mempengaruhi nilai tegangan output generator. Oleh karena itu, untuk mengetahui kehandalan suatu pembangkit listrik dilakukan analisis terhadap salah satu faktornya yaitu stabilitas tegangan output pada generator. Metode yang digunakan adalah pengambilan data selama 3x24 jam, dengan mengambil data operasi harian generator PLTA UP Mrica khususnya unit 2 berupa tegangan keluaran generator (V_{out}), arus eksitasi (I_f), daya aktif (MVA) dan debit air. Perubahan beban konsumen yang fluktuatif mempengaruhi stabilitas tegangan output generator pada PLTA UP Mrica unit 2. Debit air yang mempengaruhi kecepatan putar generator serta arus eksitasi digunakan untuk menstabilkan tegangan outputnya. Prosentase regulasi tegangan yang tercatat adalah +2,2% dan -3%, sehingga perlu ditingkatkan kehandalan sistemnya.

Kata Kunci : Stabilitas Tegangan, Regulasi Tegangan, Generator Sinkron

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga air mempunyai prinsip kerja yang tidak berbeda dengan pembangkit listrik pada umumnya. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air, perubahan energi dari air yang mengalir menuju turbin. Kemudian air tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin yang diteruskan untuk menggerakkan generator. Generator mengubah dari energi mekanis ke energi listrik. Salah satu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang ada di Indonesia adalah PLTA Waduk Mrica yang dikelola oleh PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Mrica.

Permasalahan yang muncul dari pembangkit listrik tenaga air di PLTA Waduk Mrica yaitu debit air yang tidak stabil, apalagi ketika musim kemarau panjang. Hal ini dapat mempengaruhi generator untuk menghasilkan tegangan yang stabil, dikarenakan suplai yang dibutuhkan oleh beban harus stabil sesuai dengan ratingnya yaitu 220 volt untuk satu fasa sedangkan 380 volt untuk tiga fasa. Jika tegangan yang dihasilkan tidak stabil maka dapat mengganggu beban dan merusak peralatan listrik. Selain itu sedimentasi yang terjadi pada waduk dapat menyebabkan debit air semakin berkurang, sehingga menurunkan kinerja dari pembangkit tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Marda, Bindar (2016) yang berjudul “*Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Keluaran Daya Reaktif Generator Sinkron 13,8 kV 67 MVA*”. Dari penelitian didapat bahwa sifat arus eksitasi polinomial terhadap keluaran daya reaktif generator. Analisis yang dilakukan meliputi perubahan beban, perubahan tegangan, perubahan eksitasi serta penyebab daya reaktif dan tegangan generator memiliki nilai tertinggi dan terendah. Dengan hasil nilai V_{out} generator tidak melebihi +2,2% dan tidak kurang dari 0,29%, dengan demikian membuktikan bahwa sistem terjaga kestabilannya.

2.1 Generator

Generator adalah alat untuk membangkitkan tenaga listrik. Bagian utama dari generator sendiri yaitu stator, rotor dan celah udara. Prinsip kerja generator berdasarkan induksi elektromagnetik yaitu rotor diputar oleh penggerak mula (*prime over*) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah (DC) maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet yang berputar kecepatannya sama dengan putaran kutub.

Berdasarkan Hukum Faraday apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet maka pada penghantar tersebut timbul EMF (*Electro Motive Force*) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi. GGL yang dibangkitkan penghantar jangkar adalah tegangan bolak-balik (AC).

2.2 Stabilitas Tegangan Sistem Tenaga Listrik

Stabilitas tegangan ialah kemampuan sistem tenaga untuk menjaga nilai tegangan pada batas operasi yang ditentukan di semua bus

pada sistem tenaga, saat sistem mengalami kondisi tidak stabil ketika terjadi gangguan, perubahan beban dan perubahan kondisi pada sistem.

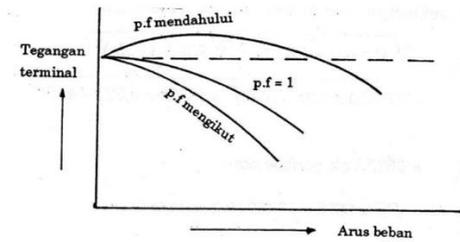
Stabilitas tegangan terbagi menjadi dua, yaitu stabilitas tegangan akibat gangguan akibat gangguan yang kecil dan akibat gangguan yang luas. Stabilitas tegangan akibat gangguan kecil ini terjadi akibat gangguan yang kecil atau bersifat lokal, seperti perubahan kenaikan beban pada sistem. Sedangkan stabilitas akibat gangguan besar adalah kemampuan sistem untuk mempertahankan tegangan pada batas operasi yang ditentukan akibat terjadi gangguan yang bersifat luas seperti kesalahan sistem pelepasan generator atau kontingensi jaringan. Keadaan tersebut membuat sistem harus mendapatkan kembali kestabilannya. Berdasarkan waktu kestabilan tegangan sistem akan kembali dalam waktu cepat atau lama tergantung dari jenis gangguannya. Klasifikasi stabilitas tegangan berdasarkan periode kestabilan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu stabilitas tegangan jangka pendek adalah 0 sampai 10 detik, jangka menengah adalah antara 10 detik sampai 10 menit, sedangkan jangka panjang lebih dari 10 menit.

Kriteria yang menyatakan sistem tenaga memiliki kestabilan tegangan adalah pada kondisi operasi tertentu dalam sistem, tegangan di bus tertentu akan mengalami kenaikan tegangan ketika disuntikan daya aktif pada bus yang sama. Sedangkan, tegangan sistem tidak stabil yang paling tidak salah satu bus di sistem tenaga mengalami penurunan tegangan saat disuntikan daya aktif pada bus yang sama. Dengan demikian maka sistem listrik memiliki hubungan yang sebanding antara daya aktif dan tegangan bus saat sistem memiliki kestabilan tegangan.

2.3 Regulasi Tegangan

Prosentase besar kecilnya drop tegangan, yang terjadi diantara tegangan keluaran generator (V_t) dengan tegangan yang dibangkitkan (E_a) disebut Regulasi Tegangan seperti yang diperlihatkan dibawah ini.

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

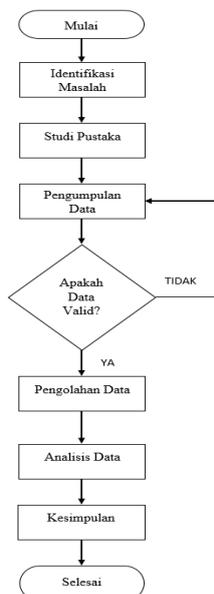


Gambar 1 Karakteristik Tegangan Terminal (V_t) terhadap Beban (I_a) dengan Berbagai Faktor Beban

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Dimana metode kuantitatif merupakan salah satu metode yang menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan statistik. Pada metode kuantitatif terdapat tahapan-tahapan kegiatan sebagai yaitu studi literatur, pengambilan data, dan konsultasi.

Langkah – langkah analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Arus Eksitasi Generator Sinkron ditunjukkan dalam diagram alir pada gambar 3.



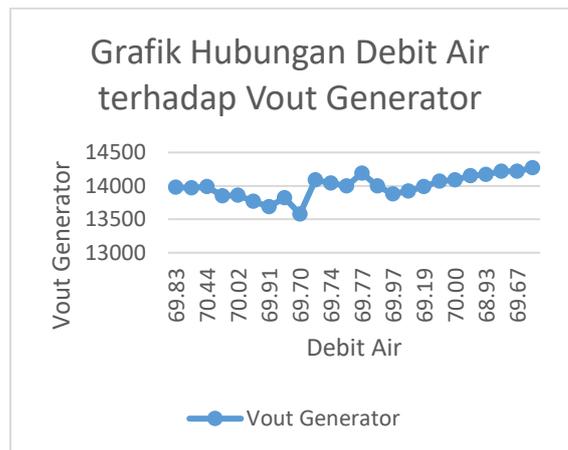
Gambar 2 Flowchart

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Pembangkitan di PLTA UP Mrica

Unit Pembangkitan (UP) Mrica merupakan salah satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Air yang dikelola oleh PT Indonesia Power. Memiliki kapasitas layanan 3 x 60 MW yang dapat membantu sistem interkoneksi apabila jaringan tersebut kekurangan daya untuk membangkitkan beban.

4.2 Analisis Debit Air terhadap Tegangan Output Generator



Grafik 1 Hubungan Debit Air terhadap Tegangan Output Generator

Berdasarkan Grafik 1 Hubungan Debit Air terhadap Vout Generator, nilai debit air tertinggi pada hari Jumat 25 Januari 2019 adalah 70,44 m³/detik dengan nilai tegangan output 13,99 kV, sedangkan nilai terendah dari debit air adalah 68,93 m³/detik dengan nilai tegangan output 14,17 kV. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa ketika tegangan output generator turun, maka debit air akan diperbesar. Begitu juga sebaliknya ketika tegangan output generator naik, maka debit air akan diturunkan. Hal tersebut untuk mengatur kecepatan putarnya.

4.2 Tegangan Regulasi

Berubah-ubahnya tegangan terminal (V_t) dapat dipengaruhi oleh beban yang berubah-ubah. Agar tegangan keluaran (V_t) mendekati ideal, maka diaturlah arus eksitasi (I_f). Untuk mengetahui nilai prosentase tegangan regulasi pada generator sinkron PLTA UP Mrica unit 1, maka digunakan rumus regulasi tegangan sebagai berikut.

$$VR = \left(\frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\% \right)$$

$$V_{nl} = \sqrt{(V + I R_a)^2 + (I X_s)^2}$$

$$I = \frac{\text{daya (VA)}}{\text{tegangan (V)}}$$

Vt Tanpa Beban (V)	Vt Berbeban (V)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	13980	-0,704793991
13881,4698	13970	-0,633716535
13881,4698	13990	-0,775769836
13881,4698	13850	0,227218773
13881,4698	13860	0,154904762
13881,4698	13770	0,809511983
13881,4698	13690	1,398610665
13881,4698	13820	0,444788712
13881,4698	13580	2,219954345
13881,4698	14090	-1,479987225
13881,4698	14040	-1,129132479
13881,4698	14000	-0,846644286
13881,4698	14190	-2,17427907
13881,4698	14000	-0,846644286

13881,4698	13880	0,010589337
13881,4698	13920	-0,276797414
13881,4698	13990	-0,775769836
13881,4698	14070	-1,339944563
13881,4698	14090	-1,479987225
13881,4698	14150	-1,897739929

dapat dilihat prosentase nilai regulasi tegangan pada generator sinkron PLTA UP Mrica unit 2. Dari nilai prosentase regulasi tegangan di atas, didapat nilai antara -3% hingga 2,2%. Saat tegangan regulasi (VR) bernilai negatif (-) menandakan beban bersifat kapasitif di mana tegangan output (V_{out}) melebihi tegangan tanpa beban (V_{nl}). Untuk beban kapasitif, maka arus akan mendahului tegangan sebesar 90° . Untuk menjaga agar tegangan output generator ini stabil pada nilai yang telah ditentukan, maka arus eksitasi yang diinjeksikan ke kumparan medan di rotor akan dikurangi.

Sedangkan saat tegangan regulasi (VR) bernilai (+) menandakan beban bersifat induktif di mana tegangan output (V_{out}) kurang dari tegangan tanpa beban (V_{nl}). Untuk beban induktif, arus akan tertinggal 90° dari tegangan. Agar tegangan keluaran generator (V_{out}) menjadi stabil, maka dilakukan penambahan arus eksitasi yang diinjeksikan ke kumparan medan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) PLTA UP Mrica merupakan sebuah pembangkit listrik yang membantu dalam memasok listrik di Jawa, Madura dan Bali. Memiliki 3 buah unit generator yang masing-masing berkapasitas 60 MW dan bertipe generator sinkron.

- 2) Ketersediaan air yang cukup sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa pembangkit listrik tersebut mampu beroperasi secara maksimal. Dibutuhkan sekitar 65 m³/detik debit air yang mengalir menuju turbin untuk mengoperasikan satu buah unit generator, sehingga jika beroperasi penuh 3 unit maka dibutuhkan sekitar 195 m³/detik debit air yang mengalir menuju turbin. Kecepatan putar turbin mempengaruhi tegangan output yang dihasilkan generator. Semakin cepat putaran generator, maka tegangan semakin besar. Begitu juga sebaliknya ketika semakin lambat putaran generator, maka tegangan semakin kecil. Pengaturan terhadap besarnya debit air yang memutar turbin dilakukan pada Guide Vane.
- 3) Naik turunnya arus eksitasi berpengaruh terhadap tegangan output generator. Besarnya arus eksitasi berbanding lurus dengan tegangan output generator. Ketika arus eksitasi naik, maka tegangan output generator juga naik. Begitu sebaliknya ketika arus eksitasi turun, maka tegangan output generator akan turun. Besar kecilnya arus eksitasi diatur oleh Automatic Voltage Regulator (AVR). Ketika tegangan output generator naik atau turun, maka AVR akan memperbesar atau memperkecil arus eksitasi yang dibutuhkan agar tegangan output generator tetap stabil.
- 4) Naik turunnya daya aktif yang berasal dari konsumen dapat mempengaruhi tegangan output generator. Daya aktif berbanding terbalik terhadap tegangan output. Ketika daya aktif naik, maka tegangan output akan turun. Termasuk ketika daya aktif turun, maka tegangan output akan naik.
- 5) Regulasi tegangan pada generator unit 2 PLTA UP Mrica berada di antara -3% sampai +2,2%. Saat regulasi tegangan (VR) bernilai negatif, maka beban bersifat kapasitif. Sedangkan saat regulasi tegangan (VR) bernilai

positif (+) maka, beban bersifat induktif. Berdasarkan pada tinjauan pustaka, Vout generator tidak melebihi +2,2% dan tidak kurang dari 0,29%, maka hal tersebut menunjukkan masih perlu ditingkatkan kehandalan sistemnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Marda, Bindar; (2016). *Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Keluaran Daya Reaktif Generator Sinkron 13,8 kV 67 MVA*. Yogyakarta.
- Marsudi, Ir.Djiteng; (2005). *Pembangkitan Tenaga Listrik. Graha Ilmu*. Yogyakarta
- Pandjaitan, Bonar; (2012). *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi
- Rijono, Drs.Yon; (2004). *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi
- [http://web.ipb.ac.id/~tepfteta/elearning/media/Energi dan Listrik Pertanian/MATERI WEB ELP/Bab V ENERGI AIR/indexAir.html](http://web.ipb.ac.id/~tepfteta/elearning/media/Energi%20dan%20Listrik%20Pertanian/MATERI%20WEB%20ELP/Bab%20V%20ENERGI%20AIR/indexAir.html)
- <https://dokumen.tips/documents/teori-generator-sinkron.html>
- <http://ohmlistrik.blogspot.com/2010/11/komponen-mesin-dc.html>
- <https://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211077alpinarief/2013/05/02/motor-ac/>
- <http://docplayer.info/46059284-Bab-ii-tinjauan-pustaka.html>
- <https://energinonfossil.wordpress.com/2010/11/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/File:Salient_pole_rotor.png
- <http://www.tonysblog.in/salient-pole-and-non-salient-pole-synchronous-machine/>
- <https://www.google.com/maps/@7.3946399,109.6038595,901m/data=!3m1!1e3>
- <http://alfano-ewa.blogspot.com/2010/12/pembangkit-listrik-tenaga-air-plta.html>