



EFFECT OF CHANGES IN SYNCHRONOUS GENERATOR LOAD ON THE EXCITATION SYSTEM CASE STUDY OF PT. PLN INDONESIA POWER UPK PLTA MANINJAU

PENGARUH PERUBAHAN BEBAN GENERATOR SINKRON TERHADAP SISTEM EKSITASI STUDI KASUS PT. PLN INDONESIA POWER UPK PLTA MANINJAU

M.Chaisar Al Furqon^{1*}, Liliana²

^{1,2}Teknik Elektro, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹chaisaralfurqon@gmail.com, ² liliana@uin-suska.ac.id

Makalah: Diterima 13 June 2024; Diperbaiki 17 December 2024; Disetujui 19 December 2024

Corresponding Author: M.Chaisar Al Furqon

Abstrak

Generator memainkan peran penting dalam menyediakan energi listrik di sistem tenaga. Beban pada generator yang berubah-ubah dalam sistem interkoneksi dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan. Tegangan generator dapat diatur melalui arus eksitasi, yaitu pasokan listrik DC yang menguatkan medan pada generator untuk menghasilkan energi listrik dengan tegangan keluaran yang bergantung pada arus eksitasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh perubahan beban generator sinkron terhadap sistem eksitasi pada generator dan pengaruh arus eksitasi terhadap tegangan generator unit 2 PLTA Maninjau. Jenis sistem eksitasi pada PLTA Maninjau adalah sistem eksitasi dengan PMG, tegangan keluaran generator unit 2 PLTA Maninjau adalah 10 kV. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melihat data yang terbaca pada data beban generator dan arus eksitasi yang dibaca pada parameter DCS. Selanjutnya, dari data yang didapatkan, nilai tegangan generator berada pada rentang 10,3 kV – 10,6 kV. Hal ini menunjukkan bahwa komponen AVR bekerja dengan baik dalam membaca dan memberikan perintah dalam mengatur tegangan keluaran generator. Dari data yang didapat, nilai perubahan beban pada generator mempengaruhi nilai arus eksitasi yang diinjeksikan. Beban terendah berada pada 10,4 MW dengan nilai arus eksitasi yang diinjeksikan sebesar 8 A dan tegangan generator berada pada 10,6 kV, sementara beban terbesar berada pada nilai 16,5 MW dengan nilai arus eksitasi yang lebih tinggi.

Kata kunci : Sistem Eksitasi, Generator Sinkron, AVR (Automatic Voltage Regulator), Interkoneksi, PLTA

Abstract

Generators play an important role in providing electrical energy in power systems. Changing loads on generators in an interconnected system can cause voltage instability. The generator voltage can be regulated through excitation current, which is a DC electrical supply that amplifies the field in the generator to produce electrical energy with an output voltage that depends on the excitation current. The purpose of this study is to analyze the effect of synchronous generator load changes on the excitation system on the generator and the effect of excitation current on the generator voltage of unit 2 of Maninjau Hydroelectric Power Plant. The type of excitation system at Maninjau Hydropower Plant is an excitation system with PMG, the output voltage of unit 2 generator of Maninjau Hydropower Plant is 10 kV. The method used in this research is by looking at the data read on the generator load data and the excitation current read on the DCS parameters. Furthermore, from the data obtained, the generator voltage value is in the range of 10.3 kV - 10.6 kV. This shows that the AVR component works well in reading and giving commands in regulating the generator output voltage. From the data obtained, the value of load changes in the generator affects the value of the injected excitation current. The lowest load is at 10.4 MW with an injected excitation current value of 8 A and the generator voltage is at 10.6 kV, while the largest load is at a value of 16.5 MW with a higher excitation current value.

Keywords: Excitation System, Synchronous Generator, AVR (Automatic Voltage Regulator), Interconnection, Hydroelectric Power Plant (PLTA)

1. Pendahuluan

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting hampir setiap aktivitas manusia memerlukan energi listrik, kebutuhan energi listrik nasional semakin meningkat sejalan pertumbuhan penduduk [1]. Upaya yang dilakukan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik ini menuntut pembangkit listrik untuk menjamin keandalan sistem operasinya. Dalam sistem tenaga listrik, generator sinkron memainkan peranan penting dalam menghasilkan dan menyediakan energi listrik. Generator sinkron merupakan alat listrik yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan prinsip induksi elektromagnetik. Dalam sistem pembangkitan generator yang umum digunakan adalah generator sinkron dimana frekuensi keluaran generator sama dengan putaran rotor generator [2]. Ketika generator menanggung beban listrik yang bervariasi, generator umum dioperasikan secara paralel [3].

Pada sistem interkoneksi, beban yang diterima generator dapat berubah-ubah sehingga sistem interkoneksi harus siap dalam merespon kondisi sistem, salah satunya adalah kesetabilan tegangan keluaran generator [4]. Salah satu kondisi yang dapat mempengaruhi perubahan tegangan adalah perubahan beban [5]. Tegangan terminal generator yang stabil memerlukan suatu pengaturan tegangan yang baik. Pengaturan tegangan dapat dilakukan dengan mengatur arus eksitasi.

Eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC (*Direct Current*) sebagai penguat medan pada generator untuk membangkitkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran bergantung pada besar arus eksitasi [6]. Arus eksitasi yang tidak dikontrol akan menyebabkan gangguan lain seperti menyebabkan panas berlebih pada kumparan rotor jika arus eksitasi yang diberikan terlalu tinggi dan panas berlebihan pada kumparan stator jika arus eksitasi yang diberikan terlalu rendah [3]. Gangguan sistem eksitasi dapat berakibat fatal pada generator seperti pemadaman total [3]. Tegangan terminal yang diatur dengan pengaturan sistem eksitasi memanfaatkan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang akan membaca tegangan keluaran generator untuk kemudian mengontrol besar arus eksitasi yang diberikan ke generator [7].

PLTA Maninjau merupakan PLTA yang terletak di Sumatera Barat yang terinterkoneksi dengan jaringan Sumatera bagian tengah (Sumbar - Riau - Jambi). Terdiri dari 4 generator dengan kapasitas 21,5 MVA dengan daya keluaran 17 MW pada masing-masing generator. Pengoperasian dari generator PLTA Maninjau sesuai dengan permintaan kebutuhan beban yang diatur oleh UPB (Unit Pengatur Beban) PLN sehingga tidak semua generator beroperasi. Dalam operasinya tegangan terminal generator masih dalam standarisasi namun masih terjadi ketidakstabilan. Berdasarkan data yang didapatkan dari pembangkitan PLTA Maninjau tegangan keluaran generator berada pada rentang 10kV-10,6kV disebabkan oleh perubahan beban. Tegangan yang masih dalam standar itu karena sejauh ini PLN telah menggunakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) sebagai solusi untuk mengatur arus eksitasi dalam menjaga kestabilan tegangan generator dalam standarisasi, namun ketidakstabilan ini akan dilihat bagaimana tegangan dipengaruhi arus eksitasi yang berubah dan perubahan beban.

Berdasarkan keterangan diatas dalam penelitian ini penulis mengangkat judul “Pengaruh perubahan beban generator sinkron terhadap sistem eksitasi studi kasus PT. PLN Indonesia Power UPK PLTA Maninjau”. Dengan tujuan mengetahui sistem eksitasi dan apakah sistem eksitasi pada generator sinkron unit 2 PLTA Maninjau bekerja dengan baik atau tidak.

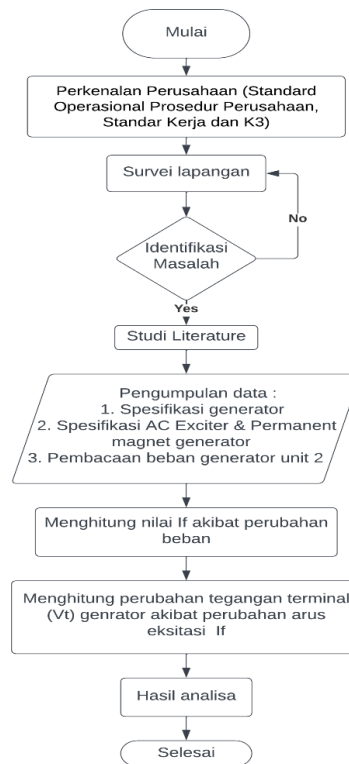
2. METODE

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur yang bertujuan untuk meninjau berbagai penelitian terdahulu yang membahas topik utama mengenai pengaruh perubahan beban atau pembebanan terhadap arus eksitasi pada generator. Melalui studi ini, peneliti memperoleh dasar teori yang kuat untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Selanjutnya, penelitian difokuskan pada analisis mendalam terhadap generator Unit 2 di PLTA Maninjau dengan menggunakan data aktual dari sistem. Tahap awal penelitian mencakup identifikasi spesifikasi teknis generator, sistem eksitasi, dan Automatic Voltage Regulator (AVR) yang digunakan.

Setelah spesifikasi teknis diidentifikasi, data dikumpulkan secara real-time dari Distributed Control System (DCS) yang mencakup perubahan beban, arus eksitasi, serta tegangan keluaran generator. Pengukuran dan observasi langsung juga dilakukan di lapangan untuk memperoleh parameter yang diperlukan, seperti tegangan keluaran generator, arus eksitasi, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya. Proses pencatatan data dilakukan secara berkala dengan interval setiap satu jam, sehingga pola perubahan dapat dianalisis secara sistematis. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara kuantitatif, terutama untuk menghitung nilai arus medan dan tegangan keluaran generator. Hasil analisis ini kemudian disajikan dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan antara beban, arus eksitasi, dan tegangan keluaran generator. Grafik tersebut diinterpretasikan untuk menunjukkan bagaimana kinerja sistem eksitasi dan AVR dalam menjaga kestabilan tegangan pada kondisi perubahan beban.

Untuk memastikan akurasi hasil, validasi dilakukan dengan menggunakan standar PLN, yaitu SPLN No.1:1978, guna melihat sejauh mana kinerja AVR dalam menjaga tegangan keluaran generator tetap stabil

dan sesuai dengan batas toleransi yang ditetapkan. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai pengaruh perubahan beban terhadap arus eksitasi dan tegangan keluaran generator di PLTA Maninjau. Berikutnya, tahapan-tahapan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Berikut merupakan data terkait spesifikasi generator, AC exciter, permanent magnet generator, dan Data Pembacaan Generator (DCS) unit 2 PLTA Maninjau. Data ini diperoleh dari data primer yang dikumpulkan pada lokasi penelitian.

Tabel 1 Spesifikasi Generator Unit 2

Type	VTC-AF
Manufacturer	Meidensha Electric Mfg.Co.,Ltd
Output	21500 kVA
Voltage	10000 V
Current	1241 A
No of phases	3
Power factor	0.79
No of poles	10
Excitation Voltage	150 V
Frequency	50 Hz
Speed	600 rpm
Class of insulation	B
Resistance	0,01617 Ω
Field current	637 A

Tabel 2 Spesifikasi AC Exciter

Type	VE-AA
Manufacturer	Meidensha Electric Mfg.Co.,Ltd
Output	130 kVA
Voltage	120 V
Current	625 A
Resistance	3,11 Ω

No of phases	3
Power factor	0.9
No of poles	16
Frequency	80 Hz
Speed	600 rpm
Class of insulation	B

Tabel 3 Spesifikasi Permanent Magnet Generator

Type	TAY
Manufacturer	Toshiba Corporation
Phases	3
VA	300
Voltage	110
Poles	10
Speed	600 rpm
Power factor	0.8
Form	ECKT
Rating	CONT
ARM.Connection	Y
Frequency	50 Hz
Ambient Temperature	40C

Tabel 4 Data Pembacaan Generator PLTA Maninjau Unit 2

Pukul	Generator				Eksitasi		Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Frekuensi (Hz)	Faktor Daya
	kV	Ia			V	I				
		R	S	T						
00.00	10,5	564	602	583	25,5	8,1	10,6	0,1	50	1
01.00	10,5	560	598	580	25	8,1	10,6	0,1	50,12	0,99
02.00	10,5	559	598	579	25	8	10,6	0,1	50,23	0,99
03.00	10,6	560	598	579	24,9	8	10,6	0,2	50	1
04.00	10,6	559	597	578	24,9	8	10,6	0,2	50	1
05.00	10,6	547	585	563	24,9	8	10,4	0,9	50	0,99
06.00	10,6	861	897	875	28,3	9,1	16,1	0,2	50	1
07.00	10,5	863	899	879	28,5	9,2	16,1	-0,5	50	-1
08.00	10,4	560	598	581	24,7	7,9	10,5	0,3	50	1
09.00	10,5	566	603	585	25,5	8,2	10,6	0,4	50	-0,99
10.00	10,4	568	606	586	25,6	8,3	10,5	-0,6	50	-0,99
11.00	10,4	878	916	896	28,2	9,1	16,1	-0,7	50	-0,99
12.00	10,3	896	935	912	29	9,3	16	-0,6	50	-0,99
13.00	10,3	890	931	909	28,8	9,2	16,3	-1	50	-0,99
14.00	10,3	893	933	909	29,1	9,3	16,1	-1	50	-0,99
15.00	10,4	888	928	905	28,9	9,2	16,2	-0,8	50	-0,99
16.00	10,3	891	932	909	29,2	9,3	16,2	-0,8	50	-0,99
17.00	10,3	891	934	914	29,1	9,3	16,3	-1	50	-0,99
18.00	10,4	844	881	860	28,6	9,1	15,6	-1,2	50,08	-0,99
19.00	10,4	850	887	868	28,9	9,2	15,7	-0,5	50,11	-0,99
20.00	10,4	843	879	860	28,7	9,1	15,6	-0,8	50,21	-1
21.00	10,5	845	880	859	28,7	9,1	15,6	-0,7	50,08	-0,99
22.00	10,5	845	882	10,5	28,5	9,1	15,7	-0,5	50	-1
23.00	10,4	889	929	909	29,6	9,4	16,5	-0,4	50	-0,99
24.00	10,5	881	921	900	29,2	9,3	16,3	-0,8	50	-0,99

2.2 Menghitung Nilai If Akibat Perubahan Beban

Karena nilai tegangan eksitasi dan resistansi eksitasi diketahui pada data, maka nilai arus medan If dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagai berikut.

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} \quad (1)$$

2.3 Menghitung Perubahan Tegangan Terminal (V_t) Akibat Perubahan Arus Eksitasi I_f

Dengan data yang didapat maka menggunakan persamaan 2 tegangan terminal generator akibat perubahan arus eksitasi secara teoritis pada tabel 5 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= E_a + jI_{xm} \\ E_a &= V + IR_a + jIX_s \\ E_a &= V + jI(X_m + X_a) I_a R_a \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} X_s &= X_m + X_a \\ Z_s &= R_a + jX_s \end{aligned}$$

Maka persamaan diatas menjadi [13]:

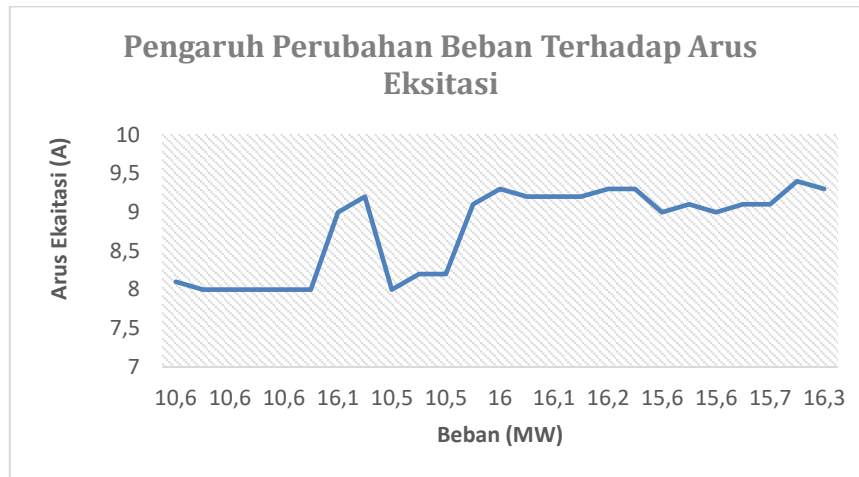
$$E_a = V + IZ_s \quad (2)$$

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Arus Eksitasi

Tabel 5 Nilai Arus Eksitasi Akibat Perubahan Beban

Pukul	Generator	Eksitasi		Daya Aktif (MW)	Perubahan Arus (%)
	V_t (kV)	V_f (V)	I_f (A)		
00.00	10,5	25,5	8,1	10,6	-
01.00	10,5	25	8	10,6	-1,23
02.00	10,5	25	8	10,6	-1,23
03.00	10,6	24,9	8	10,6	-1,23
04.00	10,6	24,9	8	10,6	-1,23
05.00	10,6	24,9	8	10,4	-1,23
06.00	10,6	28,3	9	16,1	11,11
07.00	10,5	28,5	9,2	16,1	13,58
08.00	10,4	24,7	8	10,5	-1,23
09.00	10,5	25,5	8,2	10,6	1,23
10.00	10,4	25,6	8,2	10,5	1,23
11.00	10,4	28,2	9,1	16,1	12,35
12.00	10,3	29	9,3	16	14,81
13.00	10,3	28,8	9,2	16,3	13,58
14.00	10,3	28,9	9,2	16,1	13,58
15.00	10,4	28,9	9,2	16,2	13,58
16.00	10,3	29,2	9,3	16,2	14,81
17.00	10,3	29,1	9,3	16,3	14,81
18.00	10,4	28,3	9	15,6	11,11
19.00	10,4	28,6	9,1	15,7	12,35
20.00	10,4	28,3	9	15,6	11,11
21.00	10,5	28,7	9,1	15,6	12,35
22.00	10,5	28,5	9,1	15,7	12,35
23.00	10,4	29,6	9,4	16,5	16,05
24.00	10,5	29,2	9,3	16,3	14,81



Gambar 1 Grafik perubahan beban terhadap tegangan eksitasi

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 1 dapat dilihat bahwa perubahan beban terhadap arus eksitasi berbanding lurus, pada data diatas terlihat semakin besar beban yang diterima generator maka semakin besar pula penguat medan yang diberikan, pada saat beban puncak 16,5 MW arus eksitasi yang diberikan sebesar 9,4A sementara pada beban terendah yaitu 10,4 MW arus eksitasi yang diberikan sebesar 8A. Hal ini disebabkan oleh reaksi jangkar, dimana pada saat generator dalam keadaan berbeban maka akan mengalir arus jangkar (I_a) dan membentuk fluksi jangkar yang menyebabkan perubahan pada nilai tegangan generator [20].

Beban generator menyebabkan putaran dari generator semakin berat karena fluksi yang ditimbulkan sehingga arus eksitasi yang di injeksikan harus disesuaikan agar tidak terjadi drop tegangan pada generator. diperlukan air yang lebih banyak untuk memutar runner turbin, governor akan mengirim sinyal untuk bukaan guidvane agar menjaga putaran generator tetap pada 600rpm untuk mempertahankan frekuensi operasi normal ($50 \pm 0,2$ Hz) dan penyimpangan sesaat ($50 \pm 0,5$ Hz).

Arus eksitasi berpengaruh pada tegangan generator dimana semakin kecil tegangan generator maka AVR akan menaikkan nilai arus eksitasi begitupula sebaliknya. faktor yang mempengaruhi naik turunnya beban generator adalah karna permintaan energi listrik yang diatur oleh UPB (unit pengatur beban) PLN. Berdasarkan data yang diambil dari hasil pembacaan parameter DCS generator unit 2 pada PLTA Maninjau menunjukkan bahwa perubahan besaran beban akan mempengaruhi nilai arus eksitasi yang di injeksikan ke rotor generator.

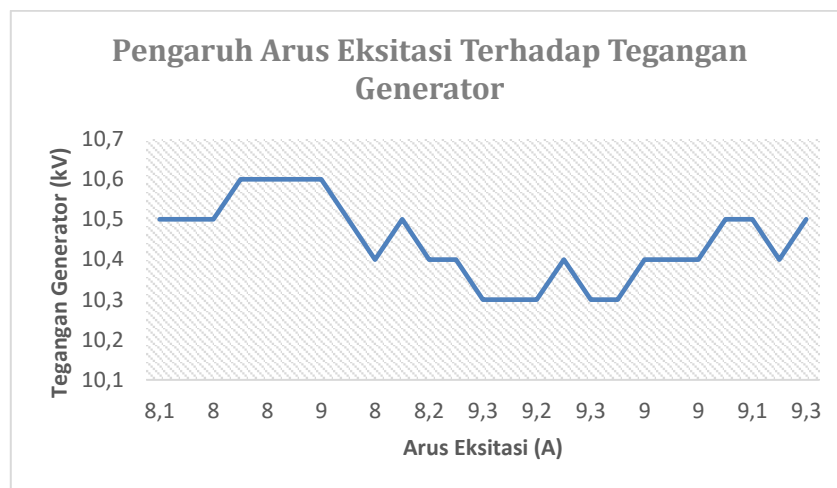
3.2 Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Tegangan Generator

Tabel 6 Hasil perhitungan E generator teoritis

Pukul	Vt generator Terukur (kV)	Vt generator Teoritis (kV)	Eksitasi	
			Vf (V)	If (A)
00.00	10,5	10,5	25,5	8,1
01.00	10,5	10,37	25	8
02.00	10,5	10,37	25	8
03.00	10,6	10,37	24,9	8
04.00	10,6	10,37	24,9	8
05.00	10,6	10,37	24,9	8
06.00	10,6	11,77	28,3	9
07.00	10,5	11,9	28,5	9,2
08.00	10,4	10,2	24,7	8
09.00	10,5	10,6	25,5	8,2
10.00	10,4	10,5	25,6	8,2
11.00	10,4	11,6	28,2	9,1
12.00	10,3	11,8	29	9,3
13.00	10,3	11,7	28,8	9,2
14.00	10,3	11,7	28,9	9,2
15.00	10,4	11,7	28,9	9,2
16.00	10,3	11,8	29,2	9,3

17.00	10,3	11,8	29,1	9,3
18.00	10,4	11,5	28,3	9
19.00	10,4	11,6	28,6	9,1
20.00	10,4	11,5	28,3	9
21.00	10,5	11,8	28,7	9,1
22.00	10,5	11,8	28,5	9,1
23.00	10,4	12	29,6	9,4
24.00	10,5	12	29,2	9,3

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa kenaikan arus eksitasi juga diikuti kenaikan tegangan generator, dimana pada perhitungan teoritis variasi nilai arus eksitasi diikuti dengan kenaikan tegangan generator tanpa adanya regulasi dari AVR ini dapat dilihat pada selisih antara perhitungan teoritis dan pembacaan tegangan terukur yang mendapat regulasi tegangan dari AVR. Hal ini sesuai dengan yang ditunjukkan oleh kurva perbandingan E_a dan I_f dimana kenaikan arus eksitasi diikuti oleh kenaikan tegangan generator. Selain itu, *magnetizing* atau penguatan pada fluks medan generator yang terjadi saat generator menanggung beban kapasitif menyebabkan kenaikan tegangan generator sehingga arus eksitasi dikurangi, sementara ketika generator menanggung beban induktif terjadi *demagnetizing* dimana fluksi jangkar akan menurunkan fluks arus medan sehingga arus eksitasi yang dipasok ke generator harus ditingkatkan [21].



Gambar 2 Grafik perubahan beban terhadap tegangan generator

Berdasarkan grafik pada gambar 2 dapat dilihat tegangan yang dihasilkan generator berada pada rentang nilai yang baik yaitu kisaran 10kV – 10,6 kV, Namun berdasarkan SPLN No.1:1978, batas toleransi tegangan pelayanan +5% dan -10% dari tegangan nominal generator 10kV sehingga tegangan generator terkadang masih melewati standart PLN. Hal ini berkaitan pada respon AVR dalam merespon regulasi tegangan dan arus eksitasi, dalam kasus ini AVR mampu merespon dengan cukup baik dengan variasi nilai beban yang ada untuk mengatur tegangan output generator tidak jauh pada batas nominal tegangan generator namun masih terdapat fluktuasi tegangan.

4. Kesimpulan

Dari data pembacaan yang diperoleh dapat dilihat bahwa perubahan nilai tegangan dipengaruhi nilai arus eksitasi yang diinjeksikan, beban terendah adalah 10,4 MW dengan nilai arus eksitasi yang diinjeksikan sebesar 8A dan tegangan generator berada pada 10,6 kV dan beban terbesar berada pada nilai 16,5 MW dengan nilai arus eksitasi yang diinjeksikan sebesar 9,4 A dan tegangan generator berada pada 10,4 kV.

Semakin besar beban generator maka nilai arus eksitasi yang diberikan akan semakin besar dan berlaku sebaliknya, semakin kecil beban generator nilai arus eksitasi yang diberikan semakin kecil.

Beban generator yang berubah-ubah dapat menyebabkan terjadinya ketidakstabilan tegangan, untuk mencapai kesetabilan tegangan generator dibutuhkan sistem yang mengatur tegangan keluaran yang berperan penting yaitu AVR (Automatic Voltage Regulator). AVR membaca nilai tegangan yang dihasilkan untuk dibandingkan kemudian AVR akan memutuskan untuk memberi arus eksitasi yang sesuai agar dapat mencapai tegangan nominal. Nilai tegangan nominal generator unit 2 PLTA Maninjau adalah 10 kV, dari hasil data yang diperoleh nilai tegangan yang dihasilkan berada pada rentang 10 kV - 10,6 kV yang menunjukkan kinerja dari AVR dalam membaca dan memberikan instruksi dalam keadaan cukup baik namun masih terdapat fluktuasi tegangan hingga 10,6kV.

Reference

- [1] M. Adam, P. Harahap, and M. R. Nasution, "Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 2, no. 1, Jul. 2019.
- [2] M. Rafli Ariwan, A. Pengaruh Perubahan Beban, M. Rafli Ariwan, R. Syahputra, P. Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Elektro, and P. Negeri Lhokseumawe, "ANALISIS PERUBAHAN BEBAN TERHADAP KINERJA GENERATOR DI PT. PJB UBJOM PLTMG ARUN," *JURNAL TEKTRO*, vol. 7, no. 2, 2023.
- [3] S. Bandri, Z. Anthony, and R. Andari, "Analisis Perubahan Pembebanan Terhadap Arus Exitasi Unit 1 Pada PT PLN (Persero) Sektor PLTU Teluk Sirih," *EPSILON*, pp. 14–27, Jun. 2023.
- [4] D. F. Nurjaman, "Analisis Pengaruh Sistem Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Generator Sinkron Mini Hydro," *EPSILON : Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, vol. 19, no. 3, pp. 85–88, 2021.
- [5] M. I. Azmi, Hermawan, and M. Facta, "ANALISIS STABILITAS DAN PENENTUAN PROTEKSI TEGANGAN DAN," *TRANSIENT*, vol. 10, no. 3, 2021.
- [6] A. Juliana, Y. Suzantry, and P. Irnanda, "Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Pembebanan Pada Generator Sinkron Unit 7 di ULPLTA TES LEBONG PT PLN (PERSERO)," *Jurnal Amplifier*, vol. 13, p. 1, May 2023.
- [7] Y. Heri Istanto, "ANALISIS PENGARUH ARUS EKSITASI PADA GENERATOR SINKRON TERHADAP PEMBEBANAN DI PLTA WLINGI PT PJB UP BRANTAS," *Jurnal Qua Teknika*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [8] A. Zuhakim, Y. Suzantry Handayani, and I. Priyadi, "PENGARUH SISTEM EKSITASI TERHADAP GENERATOR SINKRON TIGA FASA DI UNIT 1 PT. PLN INDONESIA POWER ULPL TA MUSI," *TEKNOSIA*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>
- [9] M. H. Sitorus, A. Bintoro, Asran, and F. Zulyanti, "ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP KARAKTERISTIK GENERATOR DI PLTMGG SUMBAGUT 2 PEAKER 250 MW," *Jurnal Energi Elektrik*, vol. 11, no. 2, 2022.
- [10] H. Asy and A. Ardiyatmoko, "DESAIN GENERATOR MAGNET PERMANEN KECEPATAN RENDAH UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN ATAU BAYU (PLTB)," 2012.
- [11] A. Zuhakim, Y. Suzantry Handayani, and I. Priyadi, "PENGARUH SISTEM EKSITASI TERHADAP GENERATOR SINKRON TIGA FASA DI UNIT 1 PT. PLN INDONESIA POWER ULPL TA MUSI," *TEKNOSIA*, vol. 17, no. 1, pp. 1–12, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>
- [12] M. Farhan, R. Hidayat, and Y. Saragih, "PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP ARUS EKSITASI GENERATOR UNIT 2 PLTMH CURUG," *JURNAL SIMETRIK*, vol. 11, no. 1, Jun. 2021.
- [13] Armansyah and Sudaryanto, "Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal," *Journal of Electrical Technology*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [14] R. Ellony Pratama and U. Situmeang, "STUDI PENGARUH PENGUATAN MEDAN TERHADAP TEGANGAN KELUARAN GENERATOR SINKRON," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 3, no. 2, pp. 69–76, 2019.
- [15] N. Dwi Putri *et al.*, "MENGANALISIS PEMELIHARAAN EXCITER DI PLTD TITI KUNING."
- [16] H. Rizal Maulana and A. Suandi, "PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP ARUS EKSITASI PADA GENERATOR," *REKAYASA MEKANIKA*, vol. 6, no. 2, p. 2022, 2022.
- [17] A. Nurdin, A. Azis,) Reri, and A. Rozal, "PERANAN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR SEBAGAI PENGENDALI TEGANGAN GENERATOR SINKRON," vol. 3, no. 1, 2018.
- [18] A. Nurdin, A. Azis,) Reri, and A. Rozal, "PERANAN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR SEBAGAI PENGENDALI TEGANGAN GENERATOR SINKRON," vol. 3, no. 1, 2018.
- [19] Safriansyah and M. Rezky Naim, "Analysis of the Effect of Occupational Safety and Safety on Employee Performance at the Majene District Disaster Management Office," *Manajemen IKM*, vol. 14, no. 1, pp. 62–68, Feb. 2019, [Online]. Available: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalmpi/>
- [20] K. C. Sindang, B. Mukhlis, and Y. Arifin, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Sistem Eksitasi Generator Sinkron Sf 33.065 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso 1 Energy," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2022.
- [21] A. Juliana and Y. H. Suzantry, "Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Pembebanan Pada Generator Sinkron Unit 7 di ULPLTA TES LEBONG PT PLN (PERSERO)," *Jurnal Amplifier Mei*, vol. 13, p. 1, 2023.