

## **Analisis Eksitasi Generator Unit 3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Teluk Lembu PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Pekanbaru**

**Ramadhan<sup>1✉</sup>, Elvira Zondra<sup>2</sup>, Masnur Putra Halilintar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : [30ramadhan96@gmail.com](mailto:30ramadhan96@gmail.com)<sup>1✉</sup>, [elviraz@unilak.ac.id](mailto:elviraz@unilak.ac.id)<sup>2</sup>, [masnur@unilak.ac.id](mailto:masnur@unilak.ac.id)<sup>3</sup>

Submitted : 21 September 2021, Accepted: 30 Desember 2021

DOI: 10.31849/sainetin.v6i1.7318

### **Abstrak**

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Teluk Lembu merupakan salah satu pembangkit listrik yang ada di Pusat Kota Pekanbaru. Terdapat 3 unit pembangkit dengan masing-masing unit memiliki kapasitas daya 21,6 MW. Guna peningkatan keandalan sistem maka akan dilakukan analisa eksitasi pada PLTG Teluk Lembu Unit 3 dengan membandingkan analisa arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap daya reaktif ( $Q$ ) dan terhadap tegangan induksi ( $E_a$ ) yang ditimbulkan. Dari 3 unit generator existing, 1 unit sudah tidak beroperasi sehingga 2 unit yang tersisa diharapkan mampu beroperasi melayani beban yang ada. Dengan berkurangnya 1 unit generator perubahan arus eksitasi pada generator 3 berpengaruh signifikan terhadap tegangan yang dihasilkan. Perubahan beban menyebabkan fluktuasi tegangan keluaran generator. Perubahan tegangan keluaran dapat menimbulkan bermacam-macam efek pada generator. Agar dapat menghasilkan tegangan keluaran generator yang konstan diperlukan suatu pengaturan dengan mengatur arus eksitasinya. Data aktual log sheet dan spesifikasi generator tanggal 01 hingga tanggal 04 bulan Agustus 2020 arus eksitasi yang dirangkum dari nilai arus eksitasi terendah adalah 143 A dengan daya reaktif 2,1 MVAR dan arus eksitasi tertinggi 156 A dengan daya reaktif 2,4 MVAR. Hubungan arus eksitasi terhadap tegangan induksi memperlihatkan arus eksitasi 143 A menghasilkan tegangan induksi 15,686 kV dan arus eksitasi 156 A menghasilkan tegangan induksi yang lebih tinggi yaitu 15,827 kV.

Kata Kunci : *Generator, Eksitasi dan Matlab*

### **Abstract**

*Teluk Lembu Gas Power Plant (PLTG) is one of the power plants in the Pekanbaru. There is 3 power generator with each unit having a power capacity of 21.6 MW to increase system reliability, excitation analysis will be carried out at PLTG Teluk Lembu Unit 3 by comparing the analysis of excitation current ( $I_f$ ) against reactive power ( $Q$ ) and excitation current ( $I_f$ ) against the generated induced voltage ( $E_a$ ). In conducting research, the data taken is actual data taken from the log sheet and generator specifications. From the daily log sheet data from 01 to 04 August 2020, the excitation currents are summarized from the lowest excitation current value to the highest value. The lowest excitation current is 143 A with reactive power 2.1 MVAR, and the highest excitation current is 156 A with reactive power. 2.4 MVAR and the relationship between the excitation current and the induced voltage at an excitation current of 143 A shows an induced voltage that produces 15.686 kV. An excitation current of 156 A produces a higher induced voltage of 15,827 kV. As the load increases, the output voltage decreases to stabilize the output voltage. It is necessary to increase the generator excitation current.*

*Keywords: Generator, Excitation, Matlab*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit tenaga listrik terdiri dari beberapa peralatan salah satunya adalah generator sinkron. Secara umum prinsip kerja generator sinkron adalah apabila berputarnya rotor yang diputar oleh penggerak mula (*prime mover*) dan stator yang dieksitasi pada kecepatan sama. Penguatan medan atau sistem eksitasi adalah suatu sistem sumber listrik DC yang berfungsi sebagai pensuplai tegangan eksitasi ( $V_f$ ) dan arus eksitasi ( $I_f$ ) pada kumparan rotor generator, agar kumparan rotor menghasilkan fluksi medan magnet [1]–[5].

Dengan memperbesar arus medan exciter hingga  $I_f$  tertentu maka tegan terminal akan naik dari nol bertambah secara linear, sampai pada suatu titik arus eksitasi terjadi perubahan arah tegangan yang tidak lagi linear dan menuju suatu kondisi yang stasioner atau kondisi jenuh kemudian ketika  $I_f$  terus dinaikkan hingga pada titik tertentu maka tegangan tidak lagi mengalami perubahan harga atau konstan [6], [7].

Pada PLTG unit 3 teluk lembu menggunakan sistem eksitasi statik dengan prinsip kerja sistem eksitasi generator tersebut disuplai dari eksiter yang bukan mesin bergerak, yaitu dari sistem penyearah yang sumbernya disuplai dari output generator itu sendiri melalui transformator [8], [9]. Kemudian disearahkan melalui power rectifier dan disalurkan ke rotor generator untuk eksitasi atau penguat medan dengan melalui sikat arang (brush) [10]. Untuk pengaturan besaran tegangan output generator diatur melalui DC regulator dan AC regulator, sehingga besarnya arus eksitasi ( $I_f$ ) dapat diatur sesuai kebutuhan [11], [12]. Kemudian apabila generator tersebut pada waktu start awal belum mengeluarkan tegangan, maka untuk suplai arus eksitasi biasanya diambil dari baterai [13].

PLTG sektor pembangkitan Pekanbaru merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga gas yang berada di lokasi pusat Kota Pekanbaru. PLTG Teluk lembu dibangun pada tanggal 8 November 1998 dan dioperasikan pada tanggal 26 Juni 2004 yang terdiri dari 3 unit pembangkit, saat ini keadaan unit 1 sudah tidak beroperasi total, unit 2 beroperasi dan unit 3 beroperasi (*stand by*) sehingga PLTG Teluk Lembu memiliki daya terpasang  $2 \times 21,6$  MW.

## 2. METODE PENELITIAN.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Teluk Lembu PT. PLN (Persero) sektor pembangkitan Pekanbaru merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan utama sebagai penggerak mula yaitu sebuah mesin diesel type Detroit Serial 12 VA - 75609 N dengan Speed 0 – 3000 rpm. Spesifikasi dari pada Generator seperti Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Generator

URAIAN	DATA
Merek	General Electric
Type	Brush Excitation
Power	32500 kVA
Tegangan	11500 V
Arus	1632 A
Power factor	0,99
Frekuensi	50 Hz
Phasa	3
Connection	Y
Pole	2
Putaran	3000 Rpm
Resistansi Stator	0,00628 Ohm

Sementara Arus Armature ( $I_a$ ) generator sinkron dapat ditentukan dengan persamaan [14]:

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_t \cdot \cos \varphi}$$

Daya Reaktif (Q) Generator sinkron diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$Q = \sqrt{3} \times V_t \times I_a \times \sin \varphi$$

Tegangan Induksi ( $E_a$ ) Generator sinkron menggunakan persamaan berikut.

$$E_a = V_t + I_a (R_a + jX_s)$$

## 3. HASIL PEMBAHASAN

Analisis menggunakan data *log sheet* Generator Unit 3, dari arus eksitasi terendah hingga arus eksitasi tertinggi, seperti tabel 1. Berdasarkan data-data *log sheet* harian yang diperoleh pada tanggal 01 sampai tanggal 04 Agustus 2020, diketahui daya generator (P), Cos  $\varphi$  dan tegangan terminal generator ( $V_t$ ) pada tabel 1 maka untuk menghitung Arus Armatur ( $I_a$ ) dapat dihitung sebagai berikut :

$P = 15 \text{ MW} = 15.000.000 \text{ Watt}$

$V_t = 11,09 \text{ kV} = 11.090 \text{ Volt}$

$\text{Cos } \varphi = 0,99$

Maka arus armature ( $I_a$ ) generator adalah [15]-[17]:

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_t \cdot \text{Cos } \varphi}$$

$$I_a = \frac{15.000.000}{\sqrt{3} \cdot 11.090 \cdot 0,99} = 788,794 \text{ A}$$

Tabel 1. *Log Sheet* Generator Unit 3

$I_f$	$V_f$	kV	MW	MVA <sub>r</sub>
143	120	11,09	15	2,1
144	123	11,08	15	2,5
145	122	11,12	15	2,8
146	127	11,16	15	2,7
147	121	11,06	15	2,3
148	123	11,10	15	2,0
149	127	11,26	15	2,4
150	138	11,23	15	2,2
151	131	11,17	15	2,3
152	130	11,19	15	2,5
153	131	11,04	15	2,6
154	130	11,22	15	2,9
155	136	11,17	15	2,5
156	134	11,19	15	2,4

Tabel 2. Hasil Perhitungan Arus Armature ( $I_a$ ) Generator

Arus Eksitasi (A)	Daya Generator (MW)	Tegangan Output (kV)	Cos $\varphi$	Arus Armatur (A)
143	15	11,09	0,99	788,794
144	15	11,08	0,99	789,506
145	15	11,12	0,99	786,666
146	15	11,16	0,99	783,864
147	15	11,06	0,99	790,934
148	15	11,10	0,99	788,083
149	15	11,26	0,99	776,885
150	15	11,23	0,99	778,960
151	15	11,17	0,99	783,145
152	15	11,19	0,99	781,745
153	15	11,04	0,99	792,366
154	15	11,22	0,99	779,655
155	15	11,17	0,99	783,145
156	15	11,19	0,99	781,745

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2 diperoleh hubungan grafik antara arus eksitasi

terhadap arus armatur seperti pada Gambar 1. Daya Reaktif (Q) Generator dan Grafik perbandingan. Diketahui tegangan terminal generator ( $V_t$ ), Cos  $\varphi$  pengukuran pada tabel 2 dan Arus Armature ( $I_a$ ) perhitungan maka untuk menghitung Daya Reaktif (Q) dapat dihitung sebagai berikut :

$V_t = 11,09 \text{ kV} = 11.090 \text{ Volt}$

$$[\theta = \cos^{-1}(0,99) = 8,11^\circ]$$

$$\sin(\varphi = 0,141)$$

$$I_a = 788,794 \text{ A}$$

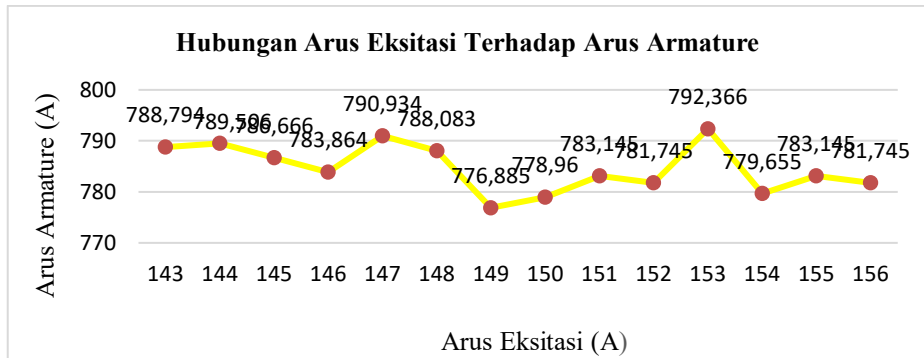
Sehingga untuk hasil perhitungan Daya Reaktif (Q) seperti pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh hubungan grafik antara arus eksitasi terhadap daya reaktif seperti pada gambar 2.

Tabel 3. Hasil perhitungan Daya Reaktif (Q) Generator

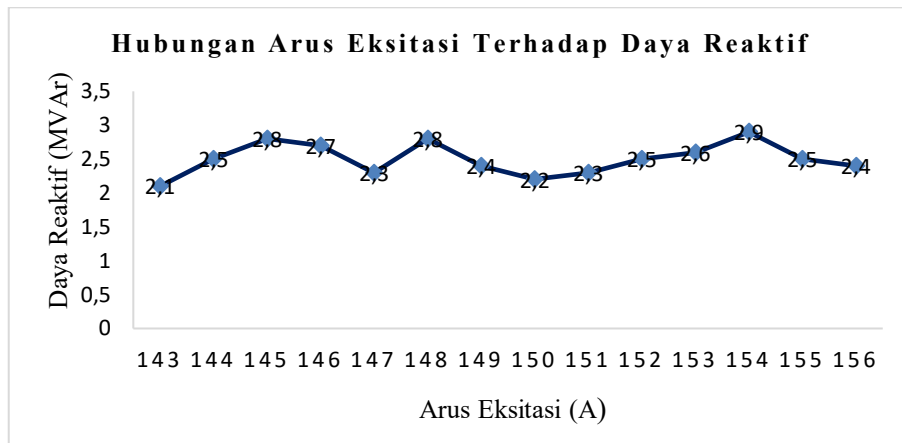
Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (kV)	Arus Armature (A)	Daya Reaktif (MVA <sub>r</sub> )	
			Pengukuran	perhitungan
143	11,09	788,794	2,1	2,136
144	11,08	789,506	2,5	2,136
145	11,12	786,666	2,8	2,136
146	11,16	783,864	2,7	2,136
147	11,06	790,934	2,3	2,136
148	11,10	788,083	2,0	2,136
149	11,26	776,885	2,4	2,136
150	11,23	778,960	2,2	2,136
151	11,17	783,145	2,3	2,136
152	11,19	781,745	2,5	2,136
153	11,04	792,366	2,6	2,136
154	11,22	779,655	2,9	2,136
155	11,17	783,145	2,5	2,136
156	11,19	781,745	2,4	2,136

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 3 diatas diperoleh hubungan grafik antara arus eksitasi terhadap daya reaktif seperti pada gambar 3. Berdasarkan gambar 3 diatas arus eksitasi ( $I_f$ ) akan melakukan penyesuaian berdasarkan perubahan suatu beban agar keluaran tegangan generator tetap dalam keadaan stabil [18].

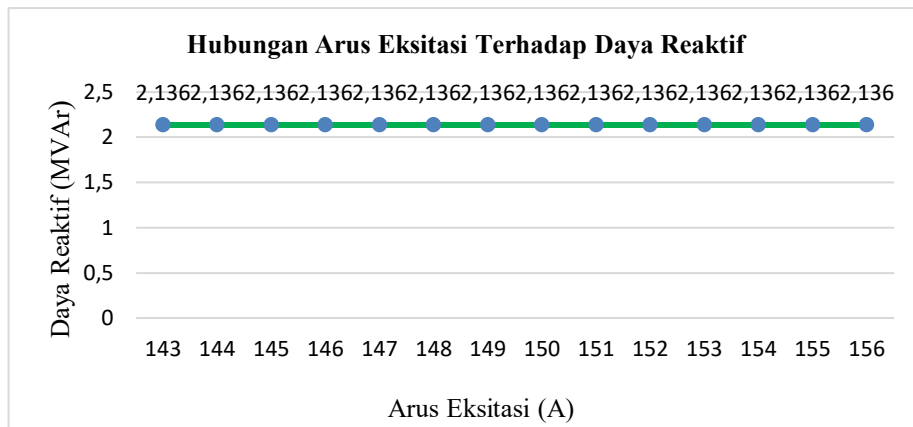
Tegangan Induksi ( $E_a$ ) Generator, berdasarkan data spesifikasi dan data *log sheet* harian yang diperoleh, diketahui Cos  $\varphi$  dan tegangan terminal ( $V_t$ ) pada tabel 1.



Gambar 1 Grafik karakteristik perubahan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) terhadap Arus armature



Gambar. 2 Grafik karakteristik perubahan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) terhadap Daya Reaktif (Q) (pengukuran)



Gambar 3 Grafik karakteristik perubahan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) terhadap Daya Reaktif (Q) (perhitungan)

sehingga dapat dihitung sebagai berikut.  
 Dari data diperoleh  $I_a = 788,794$  Amper,  $V_t = 22,37$  Volt,  $R_a = 0,00628$  Ohm

$$Z_s = \frac{V_t}{I_a} = \frac{11.090}{788,794} = 14,059 \text{ Ohm}$$

$$Z_s = \frac{V_t}{I_a} = \frac{11.090}{788,794} = 14,059 \text{ Ohm}$$

$$X_s = \sqrt{14,059^2 - 0,00628^2} = 14,058 \Omega$$

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_t \cdot \cos \varphi}$$

$$I_a = \frac{15.000.000}{\sqrt{3} \cdot 11.090 \cdot 0,99} = 788,794 \text{ A}$$

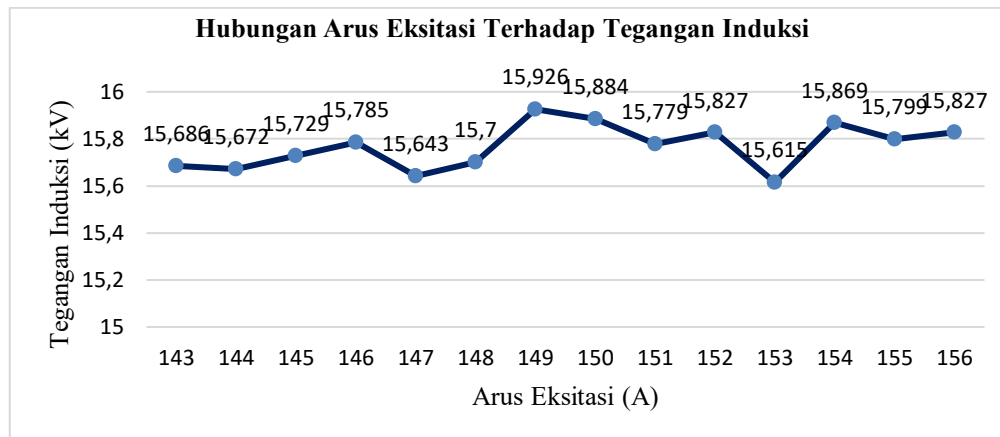
Tabel 4. Hasil Perhitungan Tegangan Induksi ( $E_a$ )

No	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Output (kV)	Arus Armature (A)	Reaktansi ( $\Omega$ )	Tegangan Induksi (kV)
1	143	11,09	788,794	14,058	15,686
2	144	11,08	789,506	14,033	15,172
3	145	11,12	786,666	14,135	15,729
4	146	11,16	783,846	14,236	15,785
5	147	11,06	790,934	13,982	15,643
6	148	11,10	788,083	14,083	15,700
7	149	11,26	776,885	14,492	15,926
8	150	11,23	778,960	14,415	15,884
9	151	11,17	783,145	14,262	15,779
10	152	11,19	781,745	14,313	15,827
11	153	11,04	792,366	13,931	15,615
12	154	11,22	779,655	14,389	15,869
13	155	11,17	783,145	15,262	15,779
14	156	11,19	781,745	14,313	15,827

Maka Tegangan induksi ( $E_a$ ) adalah :

$$\begin{aligned}
 E_a &= V_t + I_a (R_a + jX_s) \\
 &= 11.090 + 788,794 (0,00628 + j 14,058) \\
 &= 11.090 + 5,363 + j 11.088,866 \\
 &= 11.095,363 + j 11.088,866 \text{ V} \\
 &= 15.686,619 \angle 44,983 \text{ V} \\
 &= 15,686 \angle 44,983 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Perhitungan reaktansi, arus armature dan tegangan induksi ( $E_a$ ) dapat dilihat seperti pada Tabel 4. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4 diatas diperoleh hubungan grafik antara arus eksitasi terhadap tegangan induksi seperti pada gambar 4 berikut :



Gambar 4 Grafik karakteristik perubahan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) terhadap Tegangan induksi ( $E_a$ ) generator

Berdasarkan Gambar 4 bahwa penyebab perbedaan grafik hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) dan Tegangan induksi ( $E_a$ ) adalah, Pada arus eksitasi 153 A terhadap tegangan induksi terdapat kejenuhan dimana nilai tegangan induksi bernilai 15,615kV cenderung menurun ketika inti kumparan jangkar pada stator mengalami kejenuhan (saturasi). Apabila beban

naik maka tegangan output menurun maka untuk menaikkan tegangan output perlu menaikkan arus eksitasi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data *log sheet* harian pada tanggal 01 hingga tanggal 04 Agustus 2020 arus eksitasi

yang dirangkum terdapat nilai arus eksitasi terendah hingga nilai tertinggi yang mana nilai arus eksitasi terendah terdapat pada tanggal 02 pukul 14:00 bernilai 143 A dengan daya reaktif 2,1 MVAR dan arus eksitasi tertinggi terdapat pada tanggal 03 Agustus 2020 pukul 05:00 bernilai 156 A dengan daya reaktif 2,4 MVAR.

Pada saat arus eksitasi 143 A menghasilkan tegangan induksi 15,686 kV dan arus eksitasi 156 A menghasilkan tegangan induksi yang lebih tinggi yaitu 15,827 kV.

Dari hasil analisa dinyatakan bahwa dengan meningkatnya beban berpengaruh terhadap menurunnya tegangan output. Untuk menstabilkan tegangan output maka perlu menaikkan arus eksitasi generator.

Untuk menjaga sebuah sistem eksitasi maka disarankan disetiap unit pembangkit listrik yang belum maksimal bebannya agar dapat dimaksimalkan dan juga terhadap tegangan eksitasi yang melebihi batas agar dapat diatur sehingga tidak melebihi batas yang diizinkan oleh unit pengatur beban (UPB). Serta melakukan *preventive maintenance* pada AVR karena AVR merupakan bagian dari sistem eksitasi yang sangat penting, dimana merupakan sistem pengendali dari eksitasi itu sendiri.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. H. Marpaung, H. Eteruddin, and D. Setiawan, "Studi Perubahan Beban Terhadap Kinerja AVR pada Generator Sinkron Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Ubjom Tenayan Raya," in *Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 2021, pp. 96–109.
- [2] R. Catur, "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 (JET-UMY)*, *J. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 3, 2017.
- [3] A. Nurdin, A. Azis, and R. A. Rozal, "Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 163, 2018.
- [4] I. Ridzki, "Analisis Pengaruh Perubahan Eksitasi Terhadap Daya Reaktif Generator," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, 2018.
- [5] M. Farhan, R. Hidayat, and Y. Saragih, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug," *J. Simetrik*, vol. 11, no. 1, pp. 388–397, 2021.
- [6] K. U. Putra, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik UMSU)," *Skripsi Teknik Elektro Unuversitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, 2019.
- [7] Rimbawati, P. Harahap, and K. U. Putra, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator," *Rekayasa Elektr. dan Energi*, vol. 2, no. 1, pp. 37–44, 2019.
- [8] A. S. Simamora, "Studi Analisis Pengendalian Tegangan Terminal Generator Sinkron Terhadap Perubahan Arus Beban Pada PLTA Wampu Electric Power," *Jurusan Teknik Elektro Universitas HKBP Nomensen*, 2019.
- [9] J. F. Safitri, "Analisa Sistem Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa Di PLTG Borang," *D3 Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Sriwijaya*, 2016.
- [10] A. Suryadi, W. A. Sukarno, and Ilham, "Karakteristik Pembebanan Puncak Grid System 500 kV Terhadap Arus Eksitasi Pembangkitan," *Elektra*, vol. 2, no. 2, pp. 42–49, 2017.
- [11] H. Eteruddin, M. Ridwan, Monice, Zufahri, Y. Z. Arief, and F. Hasanti, "Coal Fuel Efficiency with Mixed Palm Shell Biomass for Steam Power Plant," in *2021 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, 2021, pp. 148–153.
- [12] Y. Z. Arief, M. F. A. Rahim, N. Mubarakah, M. H. I. Saad, and H. Eteruddin, "Development of Micro Hydro Power Plant Prototype as A Field Laboratory for Educational and Research Purposes," in *2021 5th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2021, vol. 5, pp. 15–18.
- [13] H. Eteruddin, D. Setiawan, and H. P. Sitepu, "Modifikasi Sistem ATS-AMF Diesel Emergency Generator Pada PLTU dengan Metode Warming Up," *J. Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 129–136, 2020.
- [14] S. J. Chapman, *Electric Machine Fundamentals*, Fifth Edit. New York: Mc Graw-Hill, 2005.



- [15] Markoni, *Teori Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2017.
- [16] Y. Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset, 2014.
- [17] Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia, 1995.
- [18] S. Bandri, "Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)," *J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, 2013.