

# Analisis Perhitungan Tegangan Eksiter Untuk Menghasilkan Tegangan Generator 6,3 kV Kondisi Tanpa Beban Pada Mesin ZV PLTD Ampenan

Michael Jonathan M<sup>1</sup>, Ida Ayu Sri Adnyani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram

---

## ARTICLE INFO

### Article history :

Received Juni 25, 2025  
Revised August 28, 2025  
Accepted August 28, 2025

### Keywords :

Tegangan Eksitasi;  
Generator Sinkron;  
PLTD Ampenan;  
AVR;  
Sistem Eksitasi;

## ABSTRACT

Analysis of the excitation voltage required to produce an output voltage of 6.3 kV on the ZV-type synchronous generator, Unit 2, at PLTD Ampenan under no-load conditions. The stability of the generator's output voltage is significantly influenced by the excitation voltage, which is regulated through the Automatic Voltage Regulator (AVR) system. The study was conducted using two approaches: direct field measurements and a mathematical approach based on the magnetic induction voltage formula. Field measurements indicated that the average excitation voltage required was 7.24 VDC, while the mathematical approach yielded a value of 7.7 VDC. This discrepancy is attributed to the use of assumed parameters, such as the number of windings on the stator and rotor, as well as the omission of certain technical factors, including temperature, impedance, reactance, and voltage losses. This analysis aims to provide a technical understanding of the influence of excitation voltage on generator performance and to serve as a foundation for controlling and maintaining the excitation system to ensure that the generator's output voltage remains stable. It is expected that this study will support the reliability of power supply at PLTD Ampenan and serve as a technical reference in the operation of synchronous generators.

---

## Corresponding Author :

Ida Ayu Sri Adnyani, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia  
Email: [adnyani@unram.ac.id](mailto:adnyani@unram.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

PLTD Ampenan merupakan salah satu pembangkit listrik di Pulau Lombok yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi di sekitarnya. Untuk menjaga keandalan suplai listrik, stabilitas tegangan keluaran generator menjadi hal yang krusial. Generator sinkron di PLTD Ampenan menggunakan sistem eksitasi untuk mengatur medan magnet rotor sehingga menghasilkan tegangan 6,3 kV. Mesin ZV unit 2, sebagai penggerak generator, memiliki rpm nominal 500 dan harus dijaga stabil meskipun terjadi fluktuasi beban. Untuk itu, dibutuhkan tegangan eksitasi yang sesuai agar kinerja generator tetap optimal. Sistem AVR berfungsi mengatur tegangan eksitasi pada stator exciter. Selama pelaksanaan pemeliharaan, dilakukan pengukuran untuk memastikan tegangan eksitasi berada pada nilai normal. Karena jumlah lilitan dan nilai fluks magnetik tidak dapat diketahui secara pasti, maka analisis perhitungan tegangan eksitasi dilakukan dalam kondisi tanpa beban dengan menggunakan nilai asumsi.

PLTD Ampenan merupakan salah satu pembangkit listrik yang berada di Pulau Lombok yang berperan dalam memenuhi kebutuhan energi di wilayah sekitarnya. Dalam sistem pembangkitan listrik, stabilitas tegangan output generator menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi keandalan

suplai listrik. Generator sinkron di PLTD Ampenan menggunakan sistem eksitasi untuk mengatur medan magnet di rotor sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai, yaitu 6,3 kV. Namun, fluktuasi beban dapat memengaruhi kestabilan tegangan ini. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam terhadap perhitungan tegangan eksitasi yang dibutuhkan untuk memastikan generator bekerja pada rpm nominal 500 rpm. Fluktuasi beban akan mempengaruhi rpm dari Mesin ZV

Mesin ZV unit 2 di PLTD Ampenan merupakan sebuah mesin diesel dengan tipe CCM Sulzer Diesel memiliki konfigurasi 12 Silinder V *twin* . Mesin diesel CCM Sulzer Diesel menggerakkan generator dengan rpm nominal sebesar 500 rpm dan output tegangan di 6,3 kV. Rpm harus dipertahankan pada 600 rpm agar *output* tegangan stabil diangka 6300 V dengan kondisi perubahan pada beban yang selalu berubah setiap waktu. Perubahan beban mempengaruhi kinerja generator sehingga dibutuhkan tegangan eksitasi untuk mempertahankan rpm generator stabil di 500 rpm.

*Automatic Voltage Regulation (AVR)* berperan untuk mengatur tegangan eksitasi yang diberikan pada stator generator *exciter*, saat di tim pemeliharaan saya melakukan pemeliharaan pada generator baik generator *exciter* maupun generator utama. Pengukuran juga dilakukan untuk mengetahui mesin bekerja pada kondisi yang normal terutama untuk tegangan eksitasi. Tegangan eksitasi ini sangat erat berkaitan dengan lilitan dan fluks magnetik, ketika tegangan eksitasi tidak tercapai maka terdapat permasalahan pada lilitan dan fluks magnetik tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka, dibutuhkan analisis perhitungan tegangan eksitasi. Beberapa kendala untuk melakukan analisis perhitungan tegangan eksitasi dimulai dari banyaknya lilitan yang tidak diketahui pasti nilainya dan bagaimana cara mengukur sebuah fluks magnetik tersebut sehingga analisis perhitungan tegangan eksitasi difokuskan pada kondisi generator tanpa beban sehingga nilai parameter pada lilitan dapat menggunakan nilai asumsi terlebih dahulu.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Studi Literatur

Metode studi literatur digunakan untuk memahami teori dasar dan konsep-konsep yang relevan dengan topik penelitian, yaitu pengaruh arus eksitasi terhadap daya reaktif. Sumber-sumber yang digunakan meliputi buku teks, jurnal ilmiah, dokumen teknis, dan laporan penelitian sebelumnya. Studi literatur ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat sebagai dasar analisis data serta membandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Selain itu, metode ini membantu dalam merumuskan kerangka pemikiran yang jelas dan sistematis untuk menjawab masalah penelitian.

### 2.2 Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak-pihak yang berkompeten, seperti teknisi, operator generator, dan supervisor di PLTD Ampenan. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan informasi langsung dari sumber utama mengenai praktik pengoperasian generator, pengaturan arus eksitasi, dan permasalahan yang sering dihadapi di lapangan. Informasi yang diperoleh melalui wawancara melengkapi data teknis dan memberikan perspektif yang lebih mendalam tentang kondisi operasional generator Unit 2. Dengan wawancara, peneliti dapat memahami latar belakang masalah serta mendapatkan masukan yang relevan untuk analisis.

### 2.3 Observasi

Metode observasi melibatkan pengamatan langsung terhadap proses operasional generator Unit 2 PLTD Ampenan. Dalam metode ini, peneliti secara aktif mencatat kondisi aktual di lapangan, termasuk cara kerja sistem eksitasi. Observasi ini bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh sesuai dengan kondisi nyata serta memberikan gambaran visual tentang hubungan antara berapa tegangan yang dibutuhkan eksitasi agar output tegangan 6,3 kV. Dengan pengamatan langsung, peneliti dapat memvalidasi temuan yang diperoleh dari wawancara dan pengambilan data.

### 2.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur langsung parameter-parameter yang relevan, seperti arus eksitasi pada daya beban yang berbeda-beda di Mesin ZV. Alat ukur yang digunakan Avometer untuk memastikan akurasi hasil pengukuran. Data ini dikumpulkan selama periode tertentu dalam berbagai kondisi operasional untuk memastikan kelengkapan dan representasi yang baik dari performa generator. Data yang diperoleh menjadi bahan utama dalam analisis hubungan antara arus eksitasi dan daya reaktif, serta dalam perumusan rekomendasi teknis.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Menentukan Tegangan Eksitasi dengan Metode Pengukuran Langsung

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Eksitasi Tanpa Beban

No.	Tegangan Eksitasi (Vdc)
1.	7,43
2.	7,41
3.	7,04
4.	7,23
5.	7,05
6.	7,75
7.	7,22
8.	7,19
9.	6,77
10.	7,40
Rerata :	7,24 V

Tegangan eksitasi rata-rata selama 20 menit didapatkan sebesar 7,24 Vdc agar *output* tegangan generator berada pada kondisi steady state di 6,3 kV. Nilai tegangan 7,24 Vdc menjadi nilai referensi dalam melakukan analisis perhitungan dengan pendekatan matematis.

#### 3.2 Perhitungan Pendekatan Matematis

Perhitungan pendekatan matematis menggunakan prinsip GGL (Gaya Gerak Listrik) dimana nilai GGL akan mempengaruhi nilai tegangan induksi pada suatu kumparan dan nilai tegangan keluarannya (Rimbawati et al., 2019). Pendekatan matematis menggunakan rumus tegangan induksi pada kumparan.

##### 3.2.1 Perhitungan Dimulai dari Stator Generator Utama

Perhitungan pendekatan matematis menggunakan nilai asumsi pada parameter seperti jumlah lilitan stator dan rotor, beberapa parameter yang dapat mempengaruhi nilai tegangan seperti arus beban, impedansi beban, temperatur dan efisiensi diabaikan karena perhitungan difokuskan pada kondisi tidak berbeban namun memperhatikan konstantanya. Adapun nilai asumsi yang digunakan yaitu :

$N_{\text{stator gen}} : 3000$  lilitan       $N_{\text{stator exc}} : 300$  lilitan  
 $N_{\text{rotor gen}} : 195$  lilitan       $N_{\text{rotor exc}} : 200$  lilitan

Berikut langkah-langkah perhitungan :

##### 1. Perhitungan fluks rotor di Stator generator utama

Rumus tegangan induksi :

$$V = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi$$

Diketahui :

4,44 = Konstanta

$f$  = frekuensi (50 Hz)

$N$  = jumlah lilitan

$\Phi$  = fluks magnetik (Weber)

$V_{\text{stator gen}} = 6300$  V

Dihitung :

$$V_{\text{stator gen}} = 3 \times 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator gen}} \cdot \Phi_{\text{rotor gen}} \text{ (V)}$$

$$6300 \text{ V} = 3 \times 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 3000 \text{ lilitan} \cdot \Phi_{\text{rotor gen}}$$

$$\Phi_{\text{rotor gen}} = \frac{6300 \text{ V}}{3 \cdot 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 3000 \text{ lilitan}} = 0,003153 \text{ Weber}$$

Maka fluks rotor dibutuhkan sebesar **0,003153 Weber** agar *output* tegangan generator 6,3 kV

##### 2. Perhitungan di rotor generator utama

Dihitung :

$$V_{\text{rotor gen}} = 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{rotor gen}} \cdot \Phi_{\text{rotor gen}}$$

Vrotor gen =  $4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 195 \text{ lilitan} \cdot 0,003153 \text{ Weber} = 136 \text{ Vdc}$   
Tegangan rotor generator sebesar 136 Vdc menghasilkan fluks magnetik sebesar 0,003153 Weber

### 3. Perhitungan Tegangan di *Rotating Rectifier*

Terdapat komponen *rotating rectifier* gelombang penuh, maka :

Dihitung :

$$V_{\text{rotor gen}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_{\text{rotorexc}}}{\pi} - V_{\text{bias dioda}}$$

$$V_{\text{rotor gen}} \cdot \pi = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot V_{\text{rotor exc}} - V_{\text{bias dioda}}$$

$$136 \cdot \pi = 5,196 \cdot V_{\text{rotor exc}}$$

$$\frac{427,25}{5,196} = V_{\text{rotor exc}}$$

$$V_{\text{rotor exc}} = 82,22 \text{ Vac}$$

Dibutuhkan tegangan di rotor exciter sebesar 82,22 Vac agar tegangan di rotor generator sebesar 136 Vdc

### 4. Perhitungan fluks stator di rotor exciter

Dihitung :

$$V_{\text{rotor exc}} = 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{rotor exc}} \cdot \Phi_{\text{stator exc}}$$

$$82,22 = 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 200 \text{ lilitan} \cdot \Phi_{\text{stator exc}}$$

Untuk mencari fluks stator exciter :

$$\Phi_{\text{stator exciter}} = \frac{V_{\text{rotor exc}}}{4,44 \cdot f \cdot N_{\text{rotor exc}}}$$

$$\Phi_{\text{stator exciter}} = \frac{82,22}{4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 200 \text{ lilitan}} = 0,00185 \text{ Weber}$$

Maka fluks yang harus dibangkitkan oleh stator exciter adalah **0,00185 Weber**

### 5. Perhitungan tegangan di stator exciter

Dihitung :

$$\Phi_{\text{stator exciter}} = \frac{V_{\text{stator exc}}}{4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator exc}}}$$

$$V_{\text{stator exc}} = 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator exc}} \cdot \Phi_{\text{stator exciter}}$$

$$V_{\text{stator exc}} = 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 300 \text{ lilitan} \cdot 0,00185 \text{ Weber} \\ = 123,21 \text{ V}$$

### 6. Perhitungan Tegangan AVR

Dihitung :

$$V_{\text{stator exc}} = K \cdot V_{\text{AVR}}$$

$$V_{\text{AVR}} = \frac{V_{\text{stator exc}}}{K}$$

$$= \frac{123,21}{16} = 7,7 \text{ V (nilai K = 16 merupakan nilai asumsi)}$$

Didapatkan tegangan AVR yang dibutuhkan yaitu sebesar **7,7 Vdc**

### 7. Nilai AVR

Dihitung :

$$V_{\text{AVR}} = 7,7 \text{ Vdc}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai AVR yang dibutuhkan sebesar 7,7 Vdc agar output tegangan generator 6,3 kV. Nilai 7,24 Vdc hasil pengukuran menjadi nilai referensi pendekatan matematis untuk nilai di AVR nya.

#### 3.2.1 Perhitungan Dimulai dari Stator Generator Exciter

Perhitungan dilakukan metode pendekatan matematis hingga didapatkan  $V_{\text{stator generator}} \pm 6300 \text{ V}$  atau 6,3 kV. Pada perhitungan beberapa parameter diabaikan seperti : drop tegangan, temperatur, arus beban, impedansi, reaktansi, dan efisiensi yang dapat mempengaruhi nilai tegangan tersebut, nilai N (lilitan) menggunakan nilai asumsi, perhitungan dilakukan dalam kondisi generator tanpa beban. Berikut langkah – langkah perhitungan :

**Input tegangan AVR = 7,7 Vdc**

#### 1. Perhitungan fluks pada stator exc

Nilai k merupakan nilai yang dapat mempengaruhi nilai magnetisasi dari lilitan di stator exc ,

Diketahui :

$$\text{asumsi nilai k} = 16$$

$$V_{\text{AVR}} = 7,7 \text{ Vdc}$$

Dihitung :

$$\begin{aligned} V_{\text{stator exc}} &= k \cdot V_{\text{AVR}} \\ V_{\text{stator exc}} &= 16 \cdot 7,7 = 123,21 \text{ Vdc} \\ \Phi_{\text{stator exc}} &= \frac{V_{\text{stator exc}}}{4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator exc}}} = \frac{123,21}{4,44 \cdot 50 \cdot 300} = 0,00185 \text{ Weber} \end{aligned}$$

Didapatkan fluks sebesar **0,00185 Weber** di stator *exciter*

## 2. Perhitungan tegangan pada rotor exc

AVR memberikan tegangan DC ke stator exciter kemudian pada kumparan stator exciter tercipta medan magnet statis pada stator exciter, ketika rotor exciter berputar pada kecepatan nominal, lilitan di rotor exciter mengalami pemotongan garis fluks magnet dimana sesuai dengan hukum faraday tentang induksi elektromagnetik, perubahan fluks magnet akan menginduksi tegangan AC di rotor exciter, sehingga terjadi perubahan tegangan dari DC menjadi AC.

Dihitung :

$$V = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi$$

Diketahui :

- 4,44 = konstanta rumus tegangan induksi
- $f$  = frekuensi (50 Hz)
- $N_r$  = lilitan rotor exciter (lilitan)
- $\Phi$  = fluks maksimum (Weber)

Nilai Asumsi lilitan rotor exciter = 200 lilitan

$$\begin{aligned} V_{\text{rotor exc}} &= 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{rotor}} \cdot \Phi_{\text{stator exc}} \\ V_{\text{rotor exc}} &= 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 200 \text{ lilitan} \cdot 0,00185 \text{ weber} = 82,14 \text{ Vac} \end{aligned}$$

Didapatkan tegangan rotor exciter **sebesar 82,14 Vac**

## 3. Perhitungan tegangan pada rotor generator utama

Rotor generator digunakan sebagai penguat medan stator generator, dibutuhkan tegangan DC di rotor generator dari tegangan AC rotor exc dimana tegangan AC rotor exc akan disearahkan oleh komponen *rotating rectifier* gelombang penuh menjadi tegangan DC. Pada perhitungan ini  $V_{\text{bias}}$  dioda ( $V_{\text{bias}}$  merupakan tegangan yang dibutuhkan dioda agar dioda dapat bekerja) diabaikan atau sama dengan nol.

Dihitung :

$$\begin{aligned} V_{\text{rotor generator}} &= \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{\pi} \times V_{\text{rotor exc}} - V_{\text{bias dioda}} (V) \\ V_{\text{rotor generator}} &= \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{3,14} \times 82,14 - 0 = 135,85 \text{ Vdc} \end{aligned}$$

Didapatkan tegangan rotor generator utama **sebesar 135,85 Vdc**

## 4. Perhitungan fluks pada stator generator utama

Diketahui :

- 4,44 = konstanta rumus tegangan induksi
- $f$  = frekuensi (50 Hz)
- $N_{\text{stator}}$  = lilitan stator (lilitan)
- $\Phi_{\text{max}}$  = fluks maksimum (Weber)

$$V_{\text{stator gen}} = 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator}} \cdot \Phi_{\text{rotor}} (V)$$

Untuk mencari  $\Phi$ , jika perhitungan bergantung pada rotor generator utama maka  $\Phi$ :

Diketahui :

Nilai asumsi  $N_{\text{rotor}} = 195$  lilitan

Dihitung :

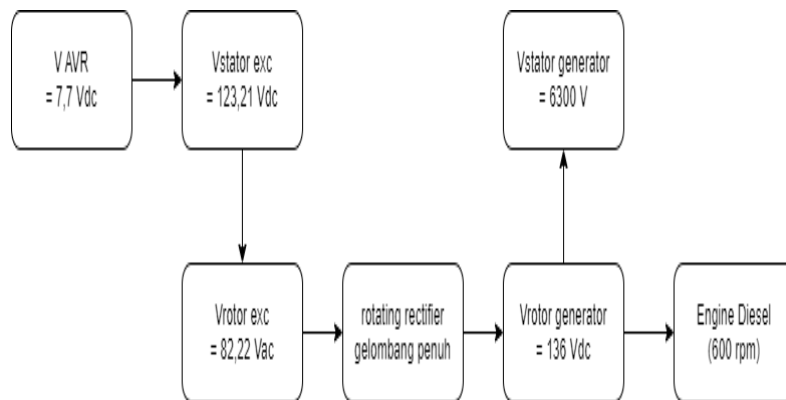
$$\begin{aligned} \Phi_{\text{rotor}} &= \frac{V_{\text{rotor gen}}}{4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator gen}}} \\ \Phi_{\text{rotor}} &= \frac{135,85}{4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 195 \text{ lilitan}} = 0,003138 \text{ Weber} \end{aligned}$$

Didapatkan fluks rotor generator **sebesar 0,003138 Weber**

$$\begin{aligned} V_{\text{stator gen}} &= 3 \times 4,44 \cdot f \cdot N_{\text{stator gen}} \cdot \Phi_{\text{rotor}} \\ V_{\text{stator gen}} &= 3 \times 4,44 \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 3000 \text{ lilitan} \cdot 0,003138 \text{ Weber} \\ &= 6269 \text{ V} = 6,269 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dengan fluks rotor generator **sebesar 0,003138 Weber** didapatkan nilai output tegangan stator generator **sebesar 6269 V** atau **6,269 kV**

Setelah melakukan perhitungan didapatkan tegangan eksitasi sebesar 7,7 Vdc dengan nilai tegangan eksitasi tersebut akan mempengaruhi nilai pada stator generator utama yang diharapkan mendekati 6300 V.



Gambar 3.2 Diagram Alir Nilai Tegangan Setelah Analisis Perhitungan

### 3.3 Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan

Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan

Hasil Pengukuran (Vdc)	Hasil Perhitungan (Vdc)
7,24	7,7

Didapatkan perbedaan nilai tegangan antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan, hal tersebut dapat terjadi karena faktor pada perhitungan menggunakan pendekatan matematis dengan nilai asumsi pada nilai lilitan disetiap kumparannya.

## 4. KESIMPULAN

Didapatkan tegangan eksitasi sebesar 7,42 Vdc pada output tegangan nominal generator sebesar 6,3 kV. Berdasarkan hasil analisis perhitungan didapatkan tegangan eksitasi sebesar 7,7 Vdc. Terdapat perbedaan dengan hasil pengukuran, dikarenakan dalam perhitungannya dilakukan pendekatan matematis yang mengabaikan beberapa parameter seperti : temperatur, arus beban, impedansi, reaktansi, *drop* tegangan dan kerapatan fluks magnetik dari jenis konduktor dan efisiensi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dede Furqon Nurjaman. (2022). Analisis Pengaruh Sistem Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Generator Sinkron Mini Hydro. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 19(3), 85–88. <https://doi.org/10.55893/epsilon.v19i3.71>
- [2] Eko Pambudi, P., Suyanto\*, M., & Septa Yogaswara, D. (2021). Pengaruh Tegangan Eksitasi Terhadap output Tegangan Generator Sinkron 3 Fasa 6,3kV. *Jurnal Teknologi*, 15(2), 152–158. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v15i2.3986>
- [3] Indriani, A., Sitepu, D., & Hendra, H. (2017). *Unjuk kerja generator sinkron dengan sistem translasi menggunakan variasi bentuk Magnet NdFeB Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut*. 21–26. <https://eprints.untirta.ac.id/id/eprint/24705>
- [4] Kristianto, L., Wibowo, W., Astriawati, N., & Kristiawan, N. (2023). Perawatan Mesin Diesel Generator Pada Kapal KN.SAR SADEWA 231. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 3(2), 45–50. <https://doi.org/10.52158/jamere.v3i2.543>
- [5] Latupeirissa, H. L. (2018). Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 Kv Di Pt. Pln Cabang Ambon. *Jurnal Simetrik*, 8(2), 126–132. <https://doi.org/10.31959/js.v8i2.101>
- [6] Marpaung, P. R. H., Eteruddin, H., & Setiawan, D. (2021). Studi Perubahan Beban Terhadap Kinerja AVR pada Generator Sinkron Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Ubjom Tenayan Raya. *Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 1(1), 96–109.
- [7] McLean, G. W. (2005). Generators. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook, Second Edition*, 11(1), 105–133. <https://doi.org/10.1016/B978-075066268-0/50005-6>
- [8] Muh.Rais, R. (n.d.). *FullBook Pembangkit Energi Listrik- Instalasi dan Prinsip Kerja\_compressed*.

- Putra, S. A., & Santoso, D. B. (2022). Analysis of the Effect of Excitation Current on Reactive Power of Synchronous Generator Unit 3 Ubrug. *Jurnal Disprotek*, 13(2), 113–122.
- [9] Rashid, M. H., Rahman, M. F., Patterson, D., Cheok, A., & Betz, R. (2023). Motor Drives. In *Power Electronics Handbook*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99216-9.00042-1>
- [10] Rimbawati, Harahap, P., & Putra, K. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 37–44.
- [11] Sari, F., & Darwanto, A. (2021). Analisis Sistem Eksitasi Pada Generator Pararel Terhadap Daya Reaktif. *Jurnal Teknologi*, 14(1), 10–19. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v14i1.3276>
- [12] Sinaga, S., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2022). Studi Evaluasi Eksitasi Generator Unit 23 di Pabrik Pulp and Paper. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 7(1), 7–15. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v7i1.9620>
- [13] Wijana, M., Triadi, A. A. A., & Anwar, L. S. (2016). Studi Kelayakan Penggunaan Mesin Diesel Dengan Metode Break Even Point (BEP) dan Analisis Sensitivitas Pada PLTD (Studi Kasus : PT PLN Persero Sektor Pembangkitan Lombok PLTD Ampenan). *Dinamika Teknik Mesin*, 6(1). <https://doi.org/10.29303/d.v6i1.26>
- [14] Wulandari, D. N., Pracoyo, A., & Sungkono, S. (2023). Rancang Bangun Rangkaian Pengatur Kecepatan Motor DC dengan Penyearah Terkendali 3 Fasa. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(1), 60–67. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i1.2750>
- Yuniar Yasmin, S., & Permata, E. (2022). *Sistem Proteksi Switch Gear 5P1\_1S1\_U5 Untuk Motor Cement Mill Di Pt Cemindo Gemilang Plant Bayah*. 1(1), 118–127.