

ANALISIS *UNDER VOLTAGE RELAY* GENERATOR UNIT 1 PLTA SAGULING

A W Nugraha^{a,1,*} dan Y Mulyadja^{a,2,*}

^a Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung,

¹ ajiwahyu9b344@student.upi.edu,

² yadielektro@upi.edu

* Corresponding Author

ABSTRACT

Analysis of Under Voltage Relay Generator Unit 1 HEPP Saguling is a study to determine the efficiency of relay installation against voltage drops at HEPP Saguling. Under voltage relay works when there is a voltage difference between the primary and secondary PT within the range of the protective equipment. This research is a simulation using the ETAP 12.6 program. The data used are data obtained from the Generator Unit 1 system of the Saguling hydropower plant. This simulation is used to achieve the value of voltage drop, short circuit value, and delay trip under voltage relay. The lowest voltage drop in the 16.5 kV system is on bus 1 by 20% (3.3kV), the lowest voltage drop in the 500kV system is on bus 5 by 10.4% (52kV). Percentage difference in operating values in the Internal Control System (ICS). namely 66 mA, 55 mA, and 76 mA Time to disturbances that occur in the connector between Generator unit 1 and CB 1 with a relay time delay of 96 ms and a CB trip of 396 ms.

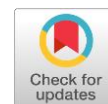


KEYWORDS

*Under Voltage Relay,
HEPP,
Generator,
Internal Control System*

ABSTRAK

Analisis Under Voltage Relay Generator Unit 1 PLTA Saguling adalah suatu studi untuk mengetahui efisiensi pemasangan relay terhadap tegangan turun di PLTA Saguling. Under voltage relay bekerja ketika terdapat perbedaan tegangan pada PT sisi primer dan sekunder dalam jangkauan peralatan proteksi. Penelitian ini berupa simulasi dengan menggunakan program ETAP 12.6. Data – data yang digunakan merupakan data yang didapat pada sistem Generator Unit 1 PLTA Saguling. Simulasi ini digunakan untuk mencapai nilai tegangan turun, nilai hubung singkat, dan delay trip under voltage relay. Penurunan tegangan terendah sistem 16.5 kV berada pada bus 1 sebesar 20% (3.3kV), Penurunan tegangan terendah sistem 500kV berada pada bus 5 sebesar 10.4 % (52kV). Perbedaan persentase dalam nilai operasi yang ada pada Internal Control System (ICS). yaitu 66 mA, 55 mA, dan 76 mA Waktu terhadap gangguan yang terjadi pada penghubung antara Generator unit 1 dan CB 1 dengan delay waktu relay 96 ms dan trip CB 396 ms.



KATA KUNCI

*Under Voltage Relay,
PLTA,
Generator,
Internal Control System*



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan masyarakat Indonesia bahkan dunia[1]. Pemerintah di Indonesia telah memberikan perhatian terhadap energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif dalam Perpres No.5 / 2006 menargetkan meningkatkan energi nasional hingga mencapai 17% pada tahun 2025. Potensi tenaga air diperkirakan sekitar 75.000 MW dengan kapasitas PLTA terpasang 5.711 MW[2]. PLTA Saguling mensuplai 700 MW untuk wilayah JB (Jawa dan Bali)[3]. Dalam proses pembangkitan, generator merupakan peralatan yang memiliki peran penting dalam proses menghasilkan listrik. Maka generator perlu diproteksi dengan maksimal agar meminimalkan terjadinya gangguan karena akan berpengaruh pada besarnya kerugian[4]. Gangguan listrik yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik mengakibatkan peningkatan arus listrik dan penurunan tegangan[5]. Mengatasi kondisi abnormal perlu dipasang *relay*[6], jika gangguan tidak cepat terdeteksi akan mengakibatkan kerusakan pada peralatan yang mengalami gangguan[7]. Cara mengetahui efisiensi pemasangan *relay* pada sistem pembangkitan PLTA Saguling, maka dilakukan Analisis *Under Voltage Relay*.

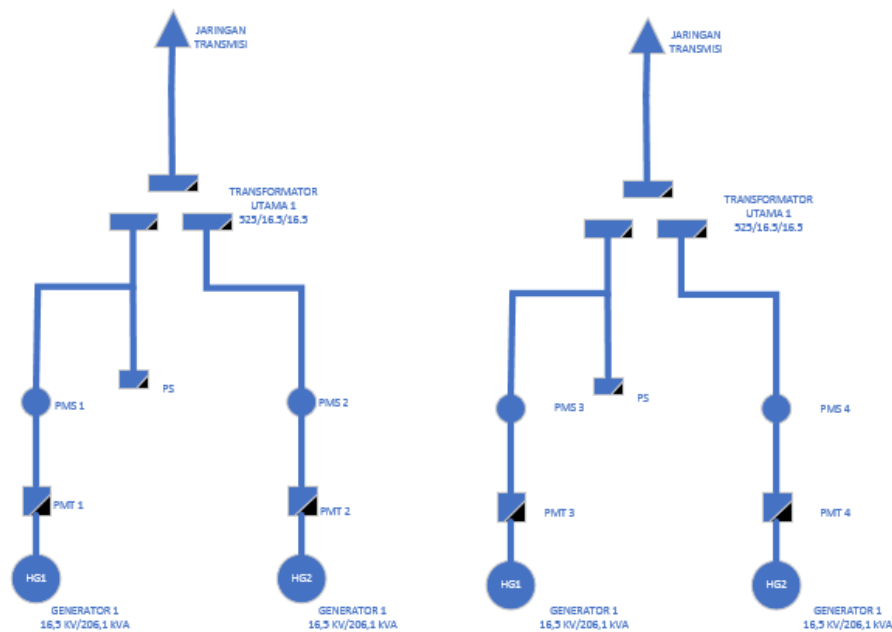
2. METODE PENELITIAN

2.1. Langkah Penelitian

Penelitian ini menggunakan metoda deskriptif analisis yang meliputi pengambilan data, melakukan pemodelan menggunakan program ETAP 12.6, menganalisa diagram, dan membuat kesimpulan dari hasil penelitian pada *under voltage relay* generator unit 1 PLTA Saguling

2.2. Data Sistem

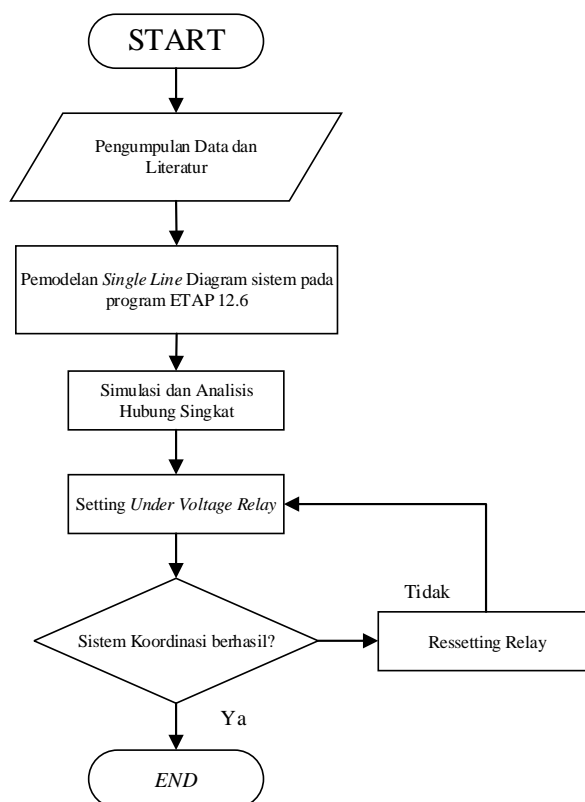
Sistem pembangkitan PLTA Saguling memiliki 4 unit generator pembangkit yang menyalurkan energi listrik sebesar 206,1 kVA menuju *Trafo Step UP* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Satu Garis Sistem Pembangkitan PLTA Saguling

Penelitian yang dilakukan pada analisis ini memiliki beberapa tahapan diantaranya dapat diurutkan sebagaimana pada Gambar 2.

1. Tahap studi literatur, pada tahap ini dilakukan berbagai sumber untuk memahami tentang analisis *under voltage relay*, meliputi metoda yang digunakan, hingga data yang diperlukan.
2. Tahap pengumpulan data, pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang berasal dari data ketenagalistrikan pada saat kegiatan pemeliharaan *relay* generator unit 1 PLTA Saguling.
3. Tahap pembuatan model, pada tahap ini dibuat model berupa diagram satu garis sesuai data yang didapat dari PLTA Saguling yang dibandingkan dengan model yang dibuat menggunakan program ETAP 12.6
4. Tahap mengoperasikan simulasi, pada tahap ini pengoperasian simulasi ketika terjadi gangguan hubung singkat *relay* melakukan koordinasi dengan *setting* waktu dan persentase tegangan.
5. Tahap *setting* koordinasi *under voltage relay*, pada simulasi yang telah dibuat, pada tahap ini model disesuaikan dengan nilai *setting* yang ada di PLTA Saguling.



Gambar 2. Langkah penelitian Analisis Under Voltage Relay Generator Unit 1 PLTA Saguling

Data yang diperoleh untuk analisis ini terdapat pada Tabel 1 Hingga Tabel 3.

Tabel 1. Data Teknis Generator Unit 1 PLTA Saguling

Data Teknis Generator Unit 1 PLTA Saguling	
Merek	Mitsubishi
No. Seri	82 EN 8101
Rating kVA	206,100 kVA
Tegangan	16,500 V
Arus	7,212 A
Faktor Daya	0.85 (<i>lagging</i>)
Jumlah Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan putaran	333 rpm
<i>Insulated class</i>	B
Tegangan Excitasi	290 V
Arus medan	1,197 A

Tabel 2. Data Teknis *Main Transformer* PLTA Saguling

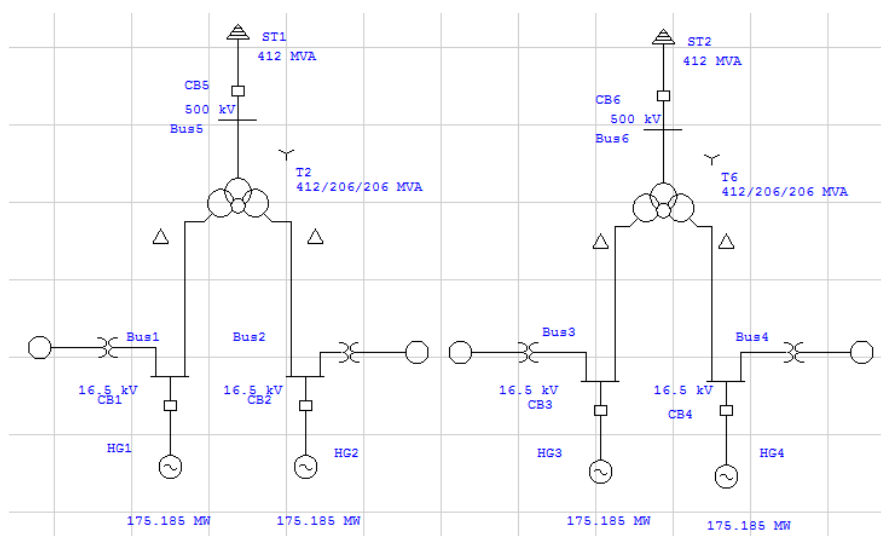
Data Teknis <i>Main Transformer</i> PLTA Saguling	
Merek	Melco
Tipe	Outdoor
Kapasitas	
HV	412.2 MVA
LV.1	206.1 MVA
LV.2	206.1 MVA
Tegangan	
HV	525 kV
LV.1	16.5 kV
LV.2	16.5 kV
Arus	
HV	453 kA
LV.1	7.21 kA
LV.2	7.21 kA
Jumlah Fasa	3
Tipe pendingin	ODAF

Tabel 3. Data *Under Voltage Relay* Generator Unit 1 PLTA Saguling

Data <i>Under Voltage Relay</i> Generator Unit 1 PLTA Saguling	
Merek	Mitsubishi / SFB-3-D
No. Seri	74868
<i>Rating</i>	110 V
<i>Setting range</i>	50 - 90 V
<i>Setting value</i>	80 V
Lokasi	UARP

2.3. Pemodelan

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis dengan menggunakan program ETAP 12.6 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan One line Diagram PLTA Saguling

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Pengujian

Data pengujian *Relay* menggunakan data *Annual Inspection* PLTA Saguling tahun 2011, 2017, dan 2019. *Under voltage relay* yang dijadikan objek penelitian adalah *under voltage relay* yang berada pada generator unit 1 PLTA Saguling. Menguji *relay under voltage* hingga didapatkan nilai aktualnya pada tiga parameter tegangan yang berbeda yaitu 0 – 120%, 0 - 150%, dan 0 - 200% (variabel) pada tegangan dengan batasan *setting*. *Relay under voltage* generator unit 1 PLTA Saguling memiliki nilai *setting* tegangan 80% dengan *setting range* nya 50% – 90%. Dalam pengujian *under voltage relay* pada *Annual Inspection* unit 1 PLTA Saguling 2011 (data pada 24 juli 2011), *Annual Inspection* unit 1 PLTA Saguling 2017 (data pada 24 juli 2017), dan *Annual Inspection* unit 1 PLTA Saguling 2019 (data pada 25 juli 2019), nilai pengujian terdapat pada Table 4 hingga Table 6

Tabel 4 Operating and resetting value (+ 5 %)(Volt)

Setting Tap			Operating			Resetting		
2011	2017	2019	2011	2017	2019	2011	2017	2019
80	80	80	83	80	79,95	81,3	79	79,44

Tabel 5 Operating Time (ms)

Input (%)	4-5						3-10					
	(a) Close			(a) Open			(b) Close			(b) Open		
	2011	2017	2019	2011	2017	2019	2011	2017	2019	2011	2017	2019
0 – 120	16	16	10	45	47	45	34	108	30	31	20	33
0 – 150	19	19	21	30	29	25	19	65	18	27	18	30
0 – 200	23	22	23	21	21	21	15	42	14	38	29	42

Tabel 6 Operating value ICS (45 % - 85 %), Tap : 0,1 Amp (mA)

2011	Operating 2017	2019
76	55	66

Setting relay under voltage dilengkapi dengan Potential Transformer (PT) menggunakan waktu tunda, Ratio Potential Transformer (RPT) = 16500/110 dan relay ini di setting tegangan sebesar 80% dari tegangan nominal pada generator (V_n), Sehingga untuk menghitung tegangan setting relay menggunakan persamaan 1.

$$V_{set} = 80\% \times V_n \quad (1)$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwasannya tegangan setting relay adalah 13200 volt. Selanjutnya adalah menghitung *under voltage* yang dirasakan oleh relay (P_r) adalah tegangan sekunder Trafo-Potensial. Adapun untuk menghitung tegangan sekunder trafo-potensial adalah menggunakan persamaan 2 [8].

$$V_r = \frac{V_{set}}{RPT} \quad (2)$$

Dari persamaan 2, didapatkan bahwasannya tegangan sekunder trafo-potensialnya adalah 88 volt. Time delay pada relay under voltage dilihat dari data pengujian dengan memperhatikan waktu tunda relay sesuai standarisasi IEEE C37.102TM - 2016 [8] bahwa lama waktu penundaan relay maksimal 10 detik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Kristianto [9], cara untuk menghitung operating time adalah menggunakan persamaan 3.

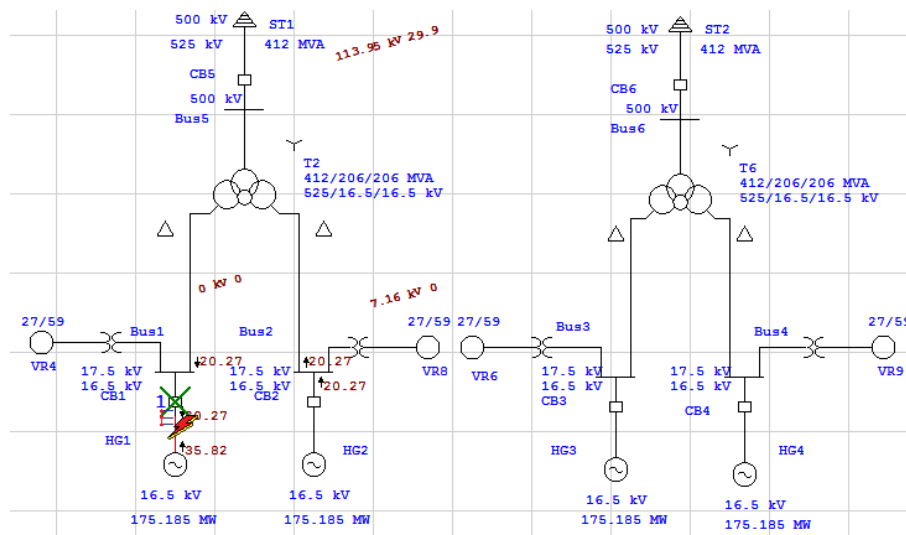
$$Operating\ Time = Operating\ Volt \times Input\ (\%) \ (ms) \quad (3)$$

Standarisasi waktu yang diperbolehkan pada saat pengujian 10 detik. Ketika pengujian pada tahun 2019 didapatkan hasil 79.95 Volt. Dengan operating time sebesar 120%, hasil perhitungan secara manual dengan persamaan 3 adalah 95,94 ms. Nilai variabel tegangan yang telah di resetting pada 80 Volt, diperoleh nilai pengujian dibawah setting proteksi yaitu 79,44 Volt sedangkan pada tegangan dibawah setting lainnya yaitu 79 Volt dan 81,3 Volt.

Tabel 7 Data drop voltage bus pada simulasi ETAP 12.6

Bus ID	Nominal kV	Voltage	MW Loading
Bus1	16.5	80	117.941
Bus2	16.5	100	164.442
Bus3	16.5	100	180.64
Bus4	16.5	100	169.207
Bus5	500	89.6	281.15
Bus6	500	100.02	350.311

Tabel 7 merupakan nilai tegangan turun bus pada simulasi load flow menggunakan aplikasi ETAP. Penurunan tegangan terendah untuk sistem 16.5 kV ditandai dengan warna merah (kondisi kritis) pada bus 1 sebesar 20% (3.3kV), Penurunan tegangan terendah untuk sistem 500kV ditandai dengan warna ungu diatas kondisi kritis (kondisi marginal) pada bus 5 sebesar 10.4 % (52kV), sedangkan kolom yang tidak berwarna menandakan bus dalam kondisi aman.



Gambar 4. Simulasi pada saat terjadi gangguan

Gambar 4. disimulasikan ketika terjadi gangguan pada generator, *Circuit Breaker* (CB) akan membuka dan mengamankan rangkaian.

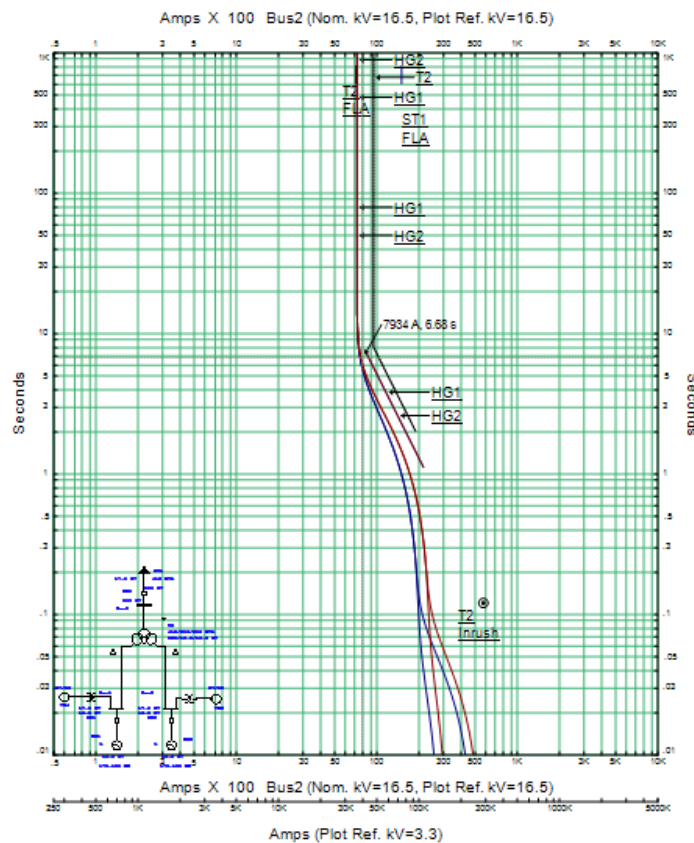
Tabel 8 Nilai hubung singkat pada simulasi ETAP.

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: Bus1

Nominal kV = 16.500
 Voltage c Factor = 1.10 (User-Defined)
 Peak Value = 150.721 kA Method C
 Steady State = 56.094 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
Bus1	Total	0.00	2.228	-56.050	25.2	56.094
Bus5	Bus1	22.79	-0.168	-18.380	109.2	18.380
Bus2	Bus1	43.41	0.965	-1.877	1.9	2.111
HG1	Bus1	100.00	1.432	-35.793	25.0	35.822
Bus2	Bus5	43.41	-0.005	-0.578	109.2	0.578
HG2	Bus2	100.00	0.797	-20.257	25.4	20.272



Gambar 5. Grafik pada saat terjadi gangguan

Gambar 5. Disimulasikan grafik waktu terhadap gangguan yang terjadi pada penghubung antara Generator unit 1 dan CB 1 dengan *delay* waktu *relay* 96 ms dan *trip* CB 396 ms dapat dilihat pada Gambar 6.

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between HG1 & CB1. Adjacent bus: Bus1					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 09-01-2020	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
96.0	VR4		96.0		Undervoltage - 27
396	CB1		300		Tripped by VR4 Undervoltage - 27

Gambar 6. Waktu *relay* bekerja dan CB Trip pada simulasi ETAP 12.6

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian mengenai analisis *under voltage relay* generator unit 1 PLTA Saguling maka penulis dapat menyimpulkan :

1. Penurunan tegangan terendah untuk sistem 16.5 kV berada pada bus 1 sebesar 20% (3.3kV), Penurunan tegangan terendah untuk sistem 500kV berada pada bus 5 sebesar 10.4 % (52kV)
2. Waktu terhadap gangguan yang terjadi pada penghubung antara Generator unit 1 dan CB 1 dengan *delay* waktu *relay* 96 ms dan *trip* CB 396 ms

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rozi and A. A. Zakri, "Pemodelan Resetting Reverse Power Relay untuk Proteksi Generator," vol. 5, pp. 1–7, 2018.
- [2] O. Riza and H. Amir, "Ketahanan Energi : Konsep , Kebijakan dan Tantangan bagi Indonesia Arah Kebijakan Energi Nasional," 2014.
- [3] Y. Dewantoro, "Unit Pembangkitan PLTA Saguling." PT.Indonesia Power UP Saguling, pp. 1–32, 2018.
- [4] H. Wisatawan and A. Muntoha, "Pemeliharaan Proteksi / Relay Level 1,2,3." PT.Indonesia Power, pp. 1–151, 2016.
- [5] C. Rizky, "Analisis Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Internal dan Ekternal Transformator Menggunakan PSCAD / EMTDC," no. October, 2017.
- [6] C. S. Chen, S. Member, Y. D. Lee, C. T. Hsu, and H. J. Chuang, "Design of Undervoltage Relay Setting for an Industrial Plant With Cogeneration Units to Enhance Power Quality of Critical Loads," no. March, 2015.
- [7] B. Hasan, Sistem Proteksi Pembangkitan Tenaga Listrik. Bandung, 2006.
- [8] T. D. Saputro, Hermawan, and S. Handoko, "Evaluasi Setting Relay Proteksi Generator pada Plan PT . Petrochona International Jabung LTD . Betara Complex Development Project Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0," vol. 4, 2015.
- [9] P. H. Kristianto, "Evaluasi Kinerja Rele Arus Lebih Pada Generator," 2009.