

ANALISA *SETTING RELAY* PADA PENYULANG SIMO KWAGEAN

Candra Novia¹⁾, Hadi Tasmono²⁾, Reza Sarwo Widagdo³⁾
Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email : candranovia733@gmail.com¹⁾, haditasmono@gmail.com²⁾, rezawidagdo@untag-sby.ac.id³⁾

ABSTRAK

Ketika pendistribusian listrik dari pembangkit menuju konsumen, terjadi beberapa gangguan yang tidak terhindarkan. Dalam penelitian, peneliti melakukan kalkulasi *setting relay* dan TMS pada *relay* DGR dan OCR serta menganalisis sistem proteksi *relay* gangguan tanah (DGR) dan proteksi relay arus lebih (OCR) di trafo distribusi 20kV penyulang Simo Kwagean Ketika timbul masalah hubung singkat. Arus hubung singkat yang terjadi di penyulang Simo Kwagean dengan jarak 7,210 Km senilai 2.552,2459 A. Untuk TMS (*Time Multiplier Setting*) pada sisi *incoming* OCR sebesar 1,1157 detik dan pada sisi *incoming* DGR sebesar 0,3985 detik, sedangkan di sisi penyulang OCR sebesar 0,1214 detik serta pada sisi penyulang DGR sebesar 0,1825 detik. Serta untuk TMS (*Time Multiplier Setting*) pada sisi *incoming* OCR sebesar 1,1157 detik dan pada sisi *incoming* DGR sebesar 0,3985 detik, sedangkan pada sisi penyulang OCR senilai 0,1214 detik dan pada sisi penyulang DGR sebesar 0,1825 detik.

Kata Kunci: DGR, Gangguan Hubung Singkat, OCR, *Relay* Proteksi

ABSTRACT

When distributing electricity from generators to consumers, some unavoidable disturbances occur. In the study, researchers calculated relay settings and TMS on DGR and OCR relays and analyzed ground fault relay protection (DGR) and overcurrent relay protection (OCR) systems in the Simo Kwagean 20kV feeder distribution transformer when a short circuit problem arises. The short circuit current that occurs in the Simo Kwagean feeder with a distance of 7.210 Km is worth 2,552.2459 A. For TMS (Time Multiplier Setting) on the incoming OCR side it is 1.1157 seconds and on the incoming DGR side it is 0.3985 seconds, while on the feeder side OCR is 0.1214 seconds and on the DGR feeder side is 0.1825 seconds. As well as for the TMS (Time Multiplier Setting) on the incoming OCR side it is 1.1157 seconds and on the incoming DGR side it is 0.3985 seconds, while on the OCR feeder side it is 0.1214 seconds and on the DGR feeder side it is 0.1825 seconds.

Keywords: DGR, Short Circuit Fault, OCR, Protection Relay

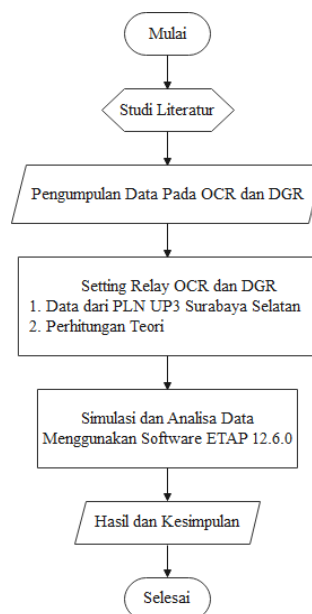
Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin maju, menyebabkan peningkatan permintaan energi listrik untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat dan industri. Pemenuhan kebutuhan listrik tidak dapat terhindarkan dari gangguan sehingga dibutuhkan sistem proteksi untuk meminimalkan kerusakan peralatan listrik dari gangguan. Peralatan utama pada sistem proteksi saluran distribusi ialah *Directional Ground Relay (DGR)* dan *Over Current relay (OCR)*. Dibutuhkan kolaborasi tiap komponen penunjang dalam *recloser* penyulang. Apabila salah satu busbar terganggu akan menyebabkan ketidakseimbangan sistem sehingga timbul gangguan kontinuitas aliran listrik. Kehandalan sistem proteksi dapat mengganggu gangguan secepat mungkin serta seminimalisir mungkin kerusakan akibat gangguan arus hubung singkat.

Oleh karena itu, maka peneliti melakukan analisis tentang “Analisa *Setting Relay* Pada Penyulang Simo Kwagean”. Peneliti melakukan analisis dengan membandingkan kalkulasi DGR dan OCR berdasarkan teori pada trafo distribusi pada penyulang Simo Kwagean, serta melakukan simulasi melalui *software ETAP 12.6.0*.

Metode

Penelitian memakai metode penelitian kuantitatif dimana menggunakan data berupa angka sesuai pengukuran dalam dan sistematis. .



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 langkah penelitian dimulai dengan studi literatur yang dilakukan melalui buku dan jurnal-jurnal ilmiah sesuai topik penelitian. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data pada OCR dan DGR pada penyulang Simo Kwagean wilayah UP3 Surabaya Selatan. Pengumpulan data dilakukan melalui pengumpulan data yang berhubungan dengan penelitian yaitu *single line* diagram, *setting* proteksi, spesifikasi peralatan dan sebagainya.

Tahap selanjutnya setelah pengumpulan data adalah perhitungan *setting relay* OCR dan DGR antara data dari PLN UP3 Surabaya Selatan dengan perhitungan

teori. Kalkulasi bertujuan memperoleh nilai *setting relay* proteksi dengan memakai metode kuantitatif.

Tahap selanjutnya setelah perhitungan *setting relay* OCR dan DGR adalah simulasi dan analisa data. Simulasi dilakukan menggunakan *setting relay* OCR dan DGR perhitungan teori serta *setting relay* OCR dan DGR di trafo distribusi pada penyulang Simo Kwagean berdasarkan data yang dikumpulkan dari PLN UP3 Surabaya Selatan memakai *software* ETAP 12.6.0. Simulasi yang dilakukan ialah simulasi gangguan hubung singkat pada sisi *incoming* dan simulasi gangguan pada sisi penyulang.

Setelah simulasi dilakukan tahap selanjutnya adalah tahap analisa. Analisa dilakukan terhadap simulasi dan perhitungan yang di dapatkan lalu dibandingkan dengan data yang telah dikumpulkan dari PLN UP3 Surabaya Selatan.

Proses Pengambilan Data

Dalam analisa *setting relay* pada penyulang Simo Kwagean diperlukan variabel berupa data. Data tersebut digunakan sebagai bahan rujukan dalam analisis *setting relay*. Berikut adalah data yang diperlukan sebagai bahan rujukan dalam penelitian. Data spesifikasi dari transformator ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator

<i>Brand</i>	SINTRA
Daya	60MVA
Tegangan	150/20kV
Impedansi	12,15%
Tegangan Sekunder	20kV
Tegangan Primer	150kV
Ratio CT	2000/5A
Arus Nominal Trafo	1443,4
Hub. Belitan Trafo	YNYN0(d11)
Ground Resistor	14Ω

Penyulang Simo Kwagean memiliki panjang total jaringan sebesar 7,210 km, menggunakan jenis penghantar XLPE 150 mm², MVTIC 150+95 mm², A3C 150 mm², A3C 110 mm², A3COC 150 mm², A3COC 110 mm², dan A3CS 150 mm².

Analisis *Setting Relay*

Pada penelitian yang berjudul “*Setting Relay* Pada Penyulang Simo Kwagean”. Proses analisa dilakukan dalam beberapa tahapan seperti mengkalkulasi reaktansi trafo, impedansi sumber, impedansi penyulang dan ekivalen jaringan, gangguan arus hubung singkat (1 fasa ke tanah, fasa ke fasa, dan 3 fasa), *Time Multipler Setting* (TMS), serta simulasi dengan *software* ETAP 12.6.0.

Hasil dan Pembahasan

A. Impedansi Sumber

Busbar sisi primer 150kV GI Sawahan senilai 60MVA, sehingga impedansi sumbernya adalah :

a. Impedansi pada sisi primer

$$X_s = \frac{kV(\text{primer})^2}{MVA_{\text{trafo}}} \quad (1)$$

$$X_s = \frac{150^2}{60}$$

$$X_s = 375 \Omega$$

b. Impedansi pada sisi sekunder

$$X_s = \frac{kV(\text{sekunder})^2}{MVA_{\text{trafo}}} \quad (2)$$

$$X_s = \frac{20^2}{60}$$

$$X_s = 6,6667 \Omega$$

B. Perhitungan Reaktansi Trafo

Besaran reaktansi pada trafo distribusi ialah sebesar 12,15%.

Besaran nilai ohm (Ω) pada kondisi 100% yaitu :

$$X_{s(\text{pada } 100\%)} = \frac{kV(\text{sekunder})^2}{VA \text{ trafo}}$$

$$X_{s(\text{pada } 100\%)} = \frac{20^2}{60}$$

$$X_{s(\text{pada } 100\%)} = 6,666 \Omega$$

Nilai reaktansi dari trafo distribusi sebagai berikut :

1. Reaktansi urutan positif & negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_{t1} = \text{Reaktansi trafo (\%)} \times X_t \text{ (pada 100\%)}$$

$$X_{t1} = 12,15\% \times 6,666$$

$$X_{t1} = X_{t2} = 0,8099 \Omega$$

2. Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Maka dalam perhitungan ini nilai X_{t0} lebih kurang $10 \times X_{t1}$.

Maka nilai X_{t0} adalah :

$$X_{t0} = 10 \times X_{t1}$$

$$X_{t0} = 10 \times 0,8099$$

$$X_{t0} = 8,099 \Omega$$

C. Perhitungan Impedansi Penyulang

Perhitungan pada impedansi jaringan distribusi berdasarkan panjang jaringan distribusi. Pada penyulang Simo Kwagean setiap titik gangguannya dapat dihitung dengan :

$$\text{Impedansi penyulang} = \text{panjang penyulang} \times Z/\text{km} \quad (3)$$

- $X_{t1} = X_{t2} = (0,125 + j0,8099) \Omega/\text{km}$
- $X_{t0} = (0,148 + j8,099) \Omega/\text{km}$
- Panjang penyulang 7,210 km

Hasil perhitungan impedansi penyulang urutan positif (Z_1) dan urutan negatif (Z_2) terlihat di tabel 2 serta urutan nol (Z_0) terlihat di tabel 3 berikut.

Tabel 2. Impedansi Penyulang Urutan Positif & Negatif

Jarak (%)	Z_1 dan Z_2
25	$0,2253 + j1,4598 \Omega$
50	$0,4506 + j2,9196 \Omega$
75	$0,6759 + j4,3795 \Omega$
100	$0,9012 + j5,8393 \Omega$

Tabel 3. Impedansi Penyulang Urutan Nol

Jarak (%)	Z_0
25	$0,2667 + j14,5984 \Omega$
50	$0,5335 + j29,1968 \Omega$
75	$0,8003 + j43,7953 \Omega$
100	$1,0670 + j58,3937 \Omega$

D. Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan nilai impedansi ekuivalen digunakan persamaan $Z_1 \text{ eki} = Z_2 \text{ eki}$. Pada penyulang Simo Kwagean setiap titik gangguannya untuk impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif dapat dihitung dengan :

$$Z_1 \text{ eki} = Z_2 \text{ eki} = X_{s(\text{pada } 100\%)} + (X_{t1} + Z_1 \text{ penyulang}) \quad (4)$$

- $Z_1 \text{ eki} = Z_2 \text{ eki} = j6,666 + j0,8099 + Z_1 \text{ penyulang}$
- $Z_1 \text{ eki} = Z_2 \text{ eki} = j7,4759 + Z_1 \text{ penyulang}$

Tabel 4. Impedansi Ekuivalen Jaringan Positif & Negatif

Jarak (%)	$Z_1 \text{ eki} \& Z_2 \text{ eki}$
25	$(0,2253 + j8,9357) \Omega$
50	$(0,4506 + j10,3955) \Omega$
75	$(0,6759 + j11,8554) \Omega$
100	$(0,9012 + j13,3152) \Omega$

Untuk perhitungan impedansi ekuivalen urutan nol sesuai netral sistem pentanahan pasokan di gardu induk. Tahanan pada jaringan $20\text{kV} = 40 \Omega$. Pada penyulang Simo Kwagean setiap titik gangguannya untuk impedansi ekuivalen urutan nol dapat dihitung sebagai berikut :

$$Z_0 \text{ eki} = X_{t0} + 3RN + Z_0 \text{ penyulang} \quad (5)$$

- $Z_0 \text{ eki} = j8,099 + (3 \times 40) + Z_0 \text{ penyulang}$
- $Z_0 \text{ eki} = j8,099 + 120 + Z_0 \text{ penyulang}$

Tabel 5. Impedansi Ekvivalen Urutan Nol

Jarak (%)	Impedansi Ekvivalen ($Z_{0\text{ eki}}$)
25	$(120,2667 + j22,6974) \Omega$
50	$(120,5335 + j37,2958) \Omega$
75	$(120,8003 + j51,8943) \Omega$
100	$(121,067 + j66,4927) \Omega$

E. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat 1 phasa ke tanah, antar phasa, dan 3 phasa dapat dihitung dengan :

$$I_{1\text{ fasa}} = \frac{3 \times V}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (6)$$

$$I_{2\text{ fasa}} = \frac{\sqrt{3} \times V}{Z_1 + Z_2} \quad (7)$$

$$I_{3\text{ fasa}} = \frac{V}{Z_1} \quad (8)$$

Dimana V ialah tegangan sumber, Z_1 ialah impedansi urutan positif, Z_2 ialah urutan negatif, dan Z_0 ialah urutan nol.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Jarak (%)	Arus Hubung Singkat		
	1 Phasa	Antar Phasa	3 Phasa
25	471,3112 A	1937,7421 A	1291,8280 A
50	445,7165 A	1664,5931 A	1109,7341 A
75	417,6623 A	1458,6121 A	972,4121 A
100	389,1774 A	1297,8392 A	865,2293 A



Gambar 2. Diagram Perbandingan Arus Gangguan Hubung Singkat

F. *Setting Over Current Relay (OCR)*

1. *Setelan Arus Primer dan Sekunder pada Sisi Incoming*

$$\begin{aligned} I_{\text{set (primer)}} &= 1,05 \times I_{\text{beban}} \\ &= 1,05 \times 1732,0516 \text{ A} \\ &= 1818,6541 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 1818,6541 \times \frac{1}{2000} \\ &= 0,9093 \text{ A} \end{aligned}$$

2. *Setelan Arus Primer dan Sekunder pada Sisi Penyulang*

$$\begin{aligned} I_{\text{set (primer)}} &= 1,05 \times I_{\text{beban}} \\ I_{\text{set (primer)}} &= 1,05 \times 230,9401 \\ I_{\text{set (primer)}} &= 242,4871 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 242,4871 \times \frac{1}{400} \\ &= 3,0310 \text{ A} \end{aligned}$$

G. *Setting Directional Ground Relay (DGR)*

1. *Setelan Arus Primer dan Sekunder pada Sisi Incoming*

$$\begin{aligned} I_{\text{set (primer)}} &= 8\% \times I_{\text{beban}} \\ &= 0,08 \times 389,1774 \\ &= 31,1342 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 31,1342 \times \frac{1}{2000} \\ &= 0,0156 \text{ A} \end{aligned}$$

2. *Setelan Arus Primer dan Sekunder pada Sisi Penyulang*

$$\begin{aligned} I_{\text{set (primer)}} &= 10\% \times I_{\text{beban}} \\ &= 0,1 \times 389,1774 \text{ A} \\ &= 38,9177 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 38,9177 \times \frac{1}{400} \\ &= 0,4864 \text{ A} \end{aligned}$$

H. Setting TMS Pada *Over Current Relay* (OCR)

1. Perhitungan TMS pada sisi *icoming* 20kV

Waktu kerja *relay* diset 1 detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$1 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{1291,8280}{0,9093}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 1,1157 \text{ detik}$$

2. Perhitungan TMS pada sisi penyulang 20kV

Waktu kerja *relay* diset 0,5 detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{1291,8280}{242,4871}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1214 \text{ detik}$$

I. Setting TMS Pada *Directional Ground Relay* (DGR)

1. Perhitungan TMS di sisi incoming 20kV

Waktu kerja *relay* di set 1 detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$1 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{471,3112}{31,1342}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,3985 \text{ detik}$$

2. Perhitungan TMS pada sisi penyulang 20kV

Waktu kerja *relay* diset 0,5 detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{471,3112}{38,9177}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1825 \text{ detik}$$

J. Hasil Perhitungan OCR dan DGR

Tabel 7. Hasil Perhitungan OCR dan DGR

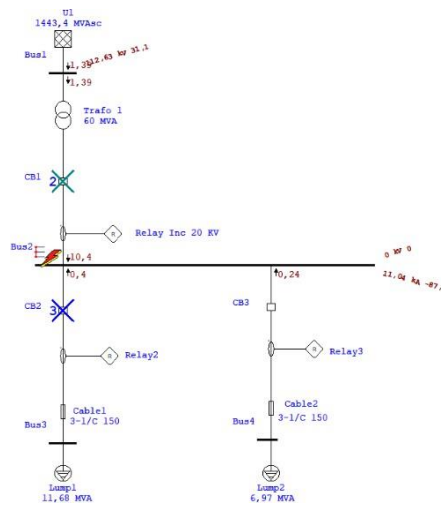
Setelan	Incoming		Penyulang	
	OCR	DGR	OCR	DGR
I _{set} primer	1818,6541 A	31,1342 A	242,4871 A	38,9177 A
I _{set} sekunder	0,9093 A	0,0156 A	3,0310 A	0,4864 A
TMS	1,1157 s	0,3985 s	0,1214 s	0,1825 s

K. Perbandingan Hasil Dengan Data

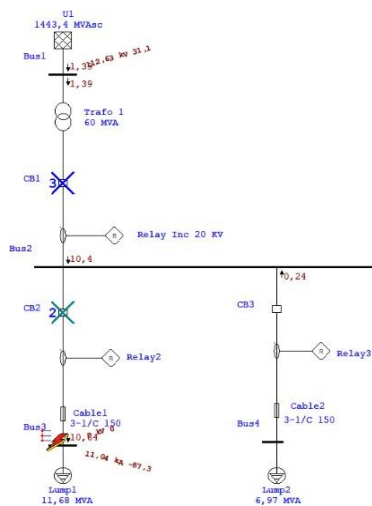
Tabel 8. Perbandingan Hasil Perhitungan Teori Dengan Data Eksisting

Jenis Relay	Data Perhitungan Teori	Data Eksisting
Arus Lebih (Sisi Incoming)	Time Multipler Setting = 1,1157	Time Multipler Setting = 1
Arus Lebih (Sisi Penyulang)	Time Multipler Setting = 0,1214	Time Multipler Setting = 0,12
Gangguan Tanah (Sisi Incoming)	Time Multipler Setting = 0,3985	Time Multipler Setting = 0,4
Gangguan Tanah (Sisi Penyulang)	Time Multipler Setting = 0,1825	Time Multipler Setting = 0,2

L. Simulasi Gangguan Dengan Software ETAP 12.6.0



Gambar 3. Simulasi ETAP Pada Sisi Incoming



Gambar 4. Simulasi ETAP Pada Sisi Penyulang

Pada gambar 3 dan 4 simulasi dengan menggunakan *software* ETAP menggunakan fungsi *Star – Protective Device Coordination* lalu diberi gangguan (fault) pada bus yang akan diberi gangguan. Ketika arus gangguan hubung singkat terjadi di bus 2 (pada gambar 3) maka *relay* pada sisi incoming 20kV merespon dan memerintahkan CB/PMT (pemutus tenaga) untuk mengeksekusi adanya arus gangguan. Dan saat arus gangguan hubung singkat terjadi pada bus 3 (pada gambar 4) maka *relay* 3 pada sisi penyulang merespon dan memerintahkan CB/PMT (pemutus tenaga) untuk mengeksekusi arus gangguan yang terjadi.

Simulasi dengan *software* ETAP bertujuan mencari besaran arus gangguan hubung singkat pada sistem. Pada saat gangguan yang terjadi telah hilang maka *relay* segera reset di posisi awal, dengan tujuan agar *relay* bekerja secara normal setelah gangguan teratasi.

Kesimpulan

Dari hasil analisis *setting relay* pada penyulang Simo Kwagean diperoleh untuk perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dengan titik gangguan 100% (jarak panjang penyulang 7,210 km) adalah sebesar 389,1774 A, arus gangguan hubung singkat fasa ke fasa dengan titik gangguan 100% (jarak panjang penyulang 7,210 km) adalah sebesar 1297,893 A, dan arus gangguan hubung singkat 3 fasa dengan titik gangguan 100% (jarak panjang penyulang 7,210 km) adalah sebesar 865,2293 A. Untuk TMS (*Time Multiplier Setting*) pada sisi *incoming* OCR sebesar 1,1157 detik serta di sisi *incoming* DGR sebesar 0,3985 detik, sedangkan di sisi penyulang OCR sebesar 0,1214 detik serta di sisi penyulang DGR sebesar 0,1825 detik. Untuk TMS (*Time Multiplier Setting*) pada sisi *incoming* OCR sebesar 1,1157 detik serta di sisi *incoming* DGR sebesar 0,3985 detik, sedangkan pada sisi penyulang OCR sebesar 0,1214 detik serta sisi penyulang DGR sebesar 0,1825 detik.

Referensi

Y. Afrida and D. Ahmad Fauzi, "Analisis Setting Over Current Relay dan Ground Fault Relay Pada Sisi Incoming Travo 60 MVA dan OutgoingFeeder,"

Oct. 2021.

- I. Safitri, dan Agus Adhi Nugroho, P. Studi Teknik Elektro, F. Teknologi Industri, U. Islam Sultan Agung Semarang, and J. Raya Kaligawe Km, “Analisa Koordinasi Setting Proteksi Over Current Relay (OCR) Outgoing 20 kV dan Recloser pada Trafo II 60 MVA Feeder RBG 01 di Gardu Induk 150 kV Rembang,” 2020.
- Subianto, “STUDI SISTEM PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR PT. PLN (PERSERO) KERAMASAN PALEMBANG.”
- R. T. RAMADHAN, “119084-ID-studi-koordinasi-sistem-pengaman-penyula,” *STUDI KOORDINASI SISTEM PENGAMAN PENYULANG TRAFU IV DI GARDU INDUK WARU*, 2014.
- N. E. Setiawati, M. Pujiantara, and S. Anam, “Koordinasi proteksi directional overcurrent relay Dengan Mempertimbangkan Gangguan Arah Arus di Pabrik pt. Petrokimia Gresik,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, 2017.
- I. D. Agung Budhi Udiana, I. G. Dyana Arjana, and T. G. Indra Partha, “Studi Analisis Koordinasi over current relay (OCR) dan ground fault relay (GFR) pada recloser di saluran penyulang penebel,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 37, 2017.
- I. H. Wibisono, H. Hermawan, and S. Handoko, “Analisis setting RELAI OCR, GFR, Dan RECLOSER Pasca rekonfigurasi penyulang RWO 05 dan RWO 07 Gardu Induk Rawalo Menggunakan etap 12.6,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9, no. 4, pp. 470–479, 2020.
- N. Nursalim, A. S. Sampeallo, and A. P. L. Willi, “Analisis Koordinasi Dan setting over current relay (OCR) pada Pemakaian Daya sendiri pltu SMS Energy Menggunakan Software ETAP 12.6.0,” *Jurnal Media Elektro*, pp. 100–109, 2019.
- Taryo, “Analisa setting over current relay Dan Ground Fault Relay pada penyulang Babakan Gardu Induk babakan Kabupaten Cirebon,” *Jurnal Teknik AMATA*, vol. 3, no. 2, pp. 10–16, 2022.