

# ANALISIS KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH (OCR) DAN RECLOSER PADA SISTEM EKSISTING PENYULANG BUKIT JATI

Wayan Wijana<sup>1</sup>, I Ketut Wijaya<sup>2</sup>, I Made Mataram<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali  
Email : wijana.deb@gmail.com<sup>1</sup>, [wijaya@ee.unud.ac.id](mailto:wijaya@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [mataram@ee.unud.ac.id](mailto:mataram@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

Sistem proteksi berperan penting untuk menjaga keandalan saluran distribusi. *Over current relay* (OCR) merupakan salah satu peralatan yang digunakan sebagai pengaman saluran distribusi 20 kV. Penyulang Bukit Jati dilengkapi peralatan proteksi *over current relay* yang terpasang di *recloser* Banda dan relay penyulang di Gardu Induk (GI). Berdasarkan data PT. PLN (Persero) APD Bali, terdapat 5 kali gangguan hubung singkat yang salah satunya menyebabkan penyulang Bukit Jati trip. Permasalahan kegagalan koordinasi *over current relay* dapat diatasi dengan menganalisis koordinasi sistem proteksi yang terdapat pada penyulang Bukit Jati. Analisis dilakukan dengan cara menghitung ulang *setting over current relay* dan membuat kurva koordinasi *setting* eksisting serta membandingkannya dengan kurva koordinasi *setting* sesuai hasil perhitungan. Hasil perhitungan *setting* ulang arus *instant recloser* di peroleh sebesar 1.246 A dengan *time multiple setting* (Tms) 0,11 sedangkan nilai *setting* arus *instant* penyulang sebesar 2.992 A dengan Tms 0,38. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan program ETAP diketahui koordinasi *over current relay* sudah bekerja sesuai zona proteksi yakni saat terjadi gangguan di belakang bus *recloser* tidak mengakibatkan penyulang trip.

**Kata Kunci :** *Over Current Relay, Recloser, Proteksi*

## Abstract

*Protection systems play an important role to maintain the reliability of distribution line. Over current relay (OCR) is one of the equipments used as a protection line of 20 kV distribution. Feeder of Bukit Jati is equipped over current protection relay equipment installed in Recloser of Banda and relay in the substation feeder. Based on the data of PT. PLN (Persero) APD Bali, there are 5 time-short circuit disorders which one of them tripped the Bukit Jati feeder. Problems over current relay coordination failures can be overcome by analyzing the coordination of protection systems in the feeder of Bukit Jati. The analysis was done by recalculating the over current relay setting and create the coordination curve of the existing setting and compared it with the coordination curve setting according to the calculation result. The results of the calculation of instant recloser recycling settings obtained by 1.246 A with time multiple setting (Tms) of 0.11 while the value of the instant current setting of the feeder of 2.992 A with Tms of 0.38. Based on the simulation result using ETAP program, it is known that over current relay coordination has worked according to the protection zone when the noise occurrence behind the recloser bus did not result in a trip feeder.*

**Keywords:** *Over Current Relay, Recloser, Protection*

## 1. PENDAHULUAN

Penyulang Bukit Jati merupakan jaringan distribusi 20 kV dengan konfigurasi sistem radial yang terbagi menjadi dua zona proteksi. Sistem proteksi pada penyulang dilengkapi *over current relay* (OCR) yang terpasang pada *recloser* Banda sebagai pengaman Zona 2 serta satu buah relay

penyulang di gardu induk sebagai pengaman Zona 1[1].

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) APD Bali, pada bulan Januari – Juni 2017 terjadi 5 kali gangguan hubung singkat yang salah satunya mengakibatkan penyulang Bukit Jati lepas/*trip* [2]. Kegagalan koordinasi proteksi

mengakibatkan stabilitas serta kontinuitas penyaluran daya listrik terganggu. Penelitian perlu dilakukan untuk memperbaiki proteksi penyulang Bukit Jati agar mampu bekerja sesuai zona proteksi sehingga daerah padam dapat di minimalisir. Kesalahan koordinasi kerja *over current relay* dapat diketahui melalui proses analisis kurva koordinasi dengan bantuan program ETAP. Perbaikan sistem proteksi penyulang Bukit Jati dapat dilakukan dengan menghitung ulang *setting* arus dan *time multiple setting* (Tms) *over current relay* pada *recloser* dan relay penyulang.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian - bagian yang bertegangan dapat menyebabkan terjadinya arus yang sangat besar, sehingga dapat merusak peralatan listrik yang ada disekitar titik gangguan [3]. Besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik perlu diketahui sebagai dasar pengaturan relay proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem distribusi [4]. Perhitungan arus hubung singkat tiga fasa dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 sampai Persamaan 7 [5].

$$MVA_{hs} = \sqrt{3} \times I_{hs} \times E_{TT} \quad (1)$$

$$Z_{S1} = \frac{E_{TT}^2(kV)}{MVA_{hs}} \quad (2)$$

$$Z_{S2} = \frac{E_{TM}^2(kV)}{MVA_{hs}} \quad (3)$$

$$X_{TR} = \%X_T \times \frac{E_{TM}^2(kV)}{MVA_{TR}} \quad (4)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + jX_L^2} \quad (5)$$

$$Z_{1eq} = Z_s + Z_{TR} + Z_{1PENYULANG} \quad (6)$$

$$I_{f3 fasa} = \frac{E_{ph}}{Z_{1eq}} \quad (7)$$

Keterangan :

$MVA_{hs}$  adalah Kapasitas hubung singkat Gardu Induk (GI)  
 $I_{hs}$  adalah Arus hubung singkat GI  
 $E_{TT}$  adalah Tegangan sisi primer  
 $E_{TM}$  adalah Tegangan sisi sekunder

$Z_{S1}$  adalah Impedansi sumber sisi primer  
 $Z_{S2}$  adalah Impedansi sumber sisi sekunder  
 $X_{TR}$  adalah Impedansi trafo  
 $\%X_T$  adalah Persentase impedansi trafo  
 $MVA_{TR}$  adalah Kapasitas trafo  
 $Z$  adalah Impedansi jaringan  
 $R$  adalah Resistansi jaringan  
 $X_L$  adalah Reaktansi jaringan  
 $Z_{1eq}$  adalah Impedansi ekivalen urutan positif  
 $Z_s$  adalah Impedansi sumber  
 $Z_{1Peny}$  adalah Impedansi jaringan

### 2.2 Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai setting, baik yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau kelebihan beban untuk kemudian memberikan perintah *trip* ke PMT sesuai karakter waktunya [6].

### 2.3 Recloser

Pemutus balik otomatis (*Recloser*) ini secara fisik mempunyai kemampuan seperti pemutus beban yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat [7]. *Recloser* memutus arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur sesuai dengan *setting interval recloser* untuk membebaskan sistem dari gangguan yang bersifat temporer.

### 2.4 Setting Arus Over Current Relay

Pada dasarnya batas penyetelan relay arus lebih adalah relay tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum [8]. Arus settingnya harus lebih besar dari arus beban maksimum. Setting arus dengan karakteristik standar *inverse* dapat dihitung menggunakan Persamaan 8 [9].

$$I_{set (pri)} = 1,05 s/d 1,3 \times I_{beban} \quad (8)$$

Setting arus *over current relay* dengan karakteristik *instantaneous* dan *definite time* dapat dihitung menggunakan Persamaan 9.

$$I_{set (pri)} = 1,05s/d1,3x I_{fault ujung jaringan} \quad (9)$$

### 2.5 Time Multiple Setting (Tms)

Time multiple setting (Tms) yaitu sebuah persamaan kurva arus gangguan terhadap waktu kerja relay. Tms dapat dihitung menggunakan Persamaan 10 [9].

$$tms = \frac{tx \left[ \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right]^{\alpha-1}}{\beta} \quad (10)$$

Setelah mendapat nilai Tms, maka selanjutnya untuk mencari waktu *trip relay* dapat dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$t = \frac{\beta}{\left( \frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{\alpha-1}} \times tms \quad (11)$$

Keterangan :

- t* adalah Waktu trip (detik)
- Tms* adalah Time multiple setting (tanpa satuan)
- I<sub>fault</sub>* adalah Besarnya arus gangguan hubung singkat (ampere)
- I<sub>set</sub>* adalah Besarnya arus setting OCR
- $\alpha, \beta$  adalah Konstanta (tergantung kurva waktu terhadap arus)

Tabel 1. Konstanta waktu terhadap arus

Nama Kurva	$\alpha$	$\beta$
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1	13.2
Extremely Inverse	2	80

### 3. METODELOGI PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data kapasitas trafo Gardu Induk Gianyar, data penyulang, jenis penghantar, data *setting* relay eksisting dan *single line diagram* Penyulang Bukit Jati.
- b. Pemodelan jaringan distribusi Penyulang Bukit Jati menggunakan program ETAP.
- c. Mensimulasikan relay OCR penyulang dan *recloser* sesuai data *setting* eksisting.
- d. Melakukan perhitungan impedansi trafo, impedansi jaringan distribusi 20 kV dan impedansi ekivalen jaringan.
- e. Melakukan perhitungan arus hubung singkat tiga fasa.
- f. Melakukan perhitungan setting arus dan Tms OCR pada *recloser* dan penyulang.

- g. Mensimulasikan relay OCR penyulang dan *recloser* sesuai hasil perhitungan.
- h. Analisis koordinasi relay OCR penyulang dan *recloser* pada penyulang Bukit Jati.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

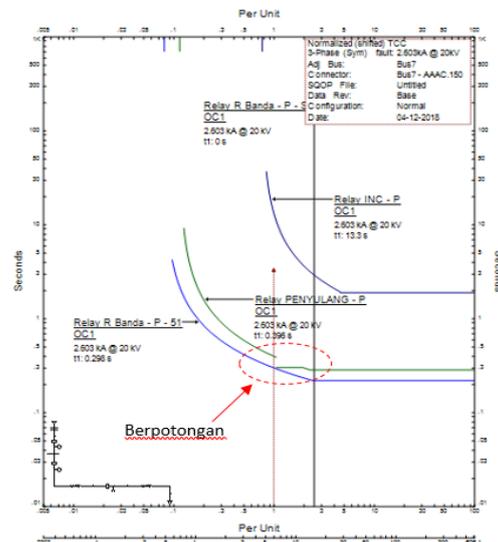
#### 4.1 Koordinasi over current relay (OCR) eksisting

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali, maka di peroleh data *setting* relay eksisting yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Setting over current relay (OCR) eksisting [10].

Penyulang	Recloser
<i>Iset</i> (pri) = 300 A <i>Tms</i> = 0,125 <i>t</i> = 0,7 detik	<i>Iset</i> (pri) = 210 A <i>Tms</i> = 0,11 <i>t</i> = 0,25 detik
Setting Definite <i>Iset</i> (pri) = 2.504 A <i>t</i> = 0,3 detik	Setting Definite <i>Iset</i> (pri) = 1.020 A <i>t</i> = 0 detik

Berdasarkan data diatas dapat disimulasikan menggunakan *software* ETAP dan diperoleh hasil kurva koordinasi over current relay (OCR) *setting* eksisting ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Koordinasi OCR Setting Eksisting

Kesalahan koordinasi *setting* OCR ditunjukkan dengan adanya perpotongan kurva antara *recloser* dan relay penyulang. Nilai *setting* relay *instant* penyulang yang digunakan lebih kecil yaitu 2.504 A jika dibandingkan arus hubung singkat yang terjadi di bus *recloser* sebesar 2.600 A, hal

ini menimbulkan terjadinya *overlap* antar peralatan proteksi atau bekerjanya dua peralatan secara bersamaan sehingga menyebabkan pemadaman satu penyulang.

**4.2 Impedansi Sumber GI. Gianyar**

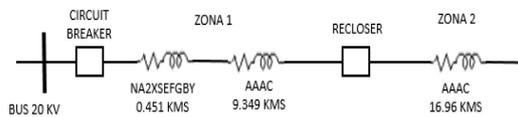
Berdasarkan data dari PT. PLN (Persero) TRANS-JBTB APP Bali nilai arus hubung singkat 3 fasa ( $I_{hs}$ ) pada sisi 150 kV sebesar 11,124 kA [11]. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya hubung singkat ( $MVA_{hs}$ ) sebesar 2.890 MVA dan impedansi sumber ( $Z_{S2}$ ) pada sisi 20 kV sebesar 0.1384 ohm.

**4.3 Perhitungan Impedansi Trafo**

Penyulang Bukit Jati di suplai dari Trafo 1 GI. Gianyar dengan daya 60 MVA dan impedansi transformator adalah 12,512 % [11]. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai impedansi urutan positif transformator sebesar 0.8341 ohm.

**4.4 Perhitungan Impedansi Jaringan Distribusi**

Impedansi jaringan distribusi ditentukan dari jenis penghantar dan panjang jaringan penyulang Bukit Jati yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Detail Panjang Jaringan P. Bukit Jati

Impedansi jaringan pada penyulang Bukit Jati dapat dihitung dengan mengalikan impedansi jenis penghantar dan panjang penghantar pada data-data sebagai berikut:

- a. Kabel NA2XSEFGBY 240 mm<sup>2</sup> dengan impedansi urutan positif  $Z_1 = 0,161+j0.098 \Omega/km$  dan panjang kabel 0,451 km.
- b. Konduktor AAAC 150 mm<sup>2</sup> impedansi urutan positif  $Z_1 = 0.2375+j0.3002 \Omega/km$  dan panjang konduktor 9,349 km.
- c. Konduktor AAAC 150 mm<sup>2</sup> impedansi urutan positif  $Z_1 = 0.2375+j0.3002 \Omega/km$  dan panjang konduktor 16,96 km.

Berdasarkan data dan hasil perhitungan, maka diperoleh nilai-nilai impedansi jaringan yang ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Impedansi Penyulang Bukit Jati

Panjang Jaringan (%)		Impedansi Urutan Positif		
		R	jX	Z <sub>jar</sub> (Ω)
Zona 1	1 %	0,0229	0,0285	0,0366
	100%	2,2930	2,8508	3,6585
Zona 2	1 %	0,2014	0,2546	0,3246
	100%	4,0280	5,0914	6,4921

**4.5 Perhitungan Impedansi Ekuivalen**

Impedansi yang akan digunakan dalam perhitungan ini adalah impedansi sumber 20 kV ( $Z_{S2}$ ), impedansi transformator ( $Z_{TR}$ ) dan impedansi penyulang. Impedansi ekuivalen yang perlu dihitung yaitu pada panjang 1% dan 100% pada tiap zona proteksi. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai impedansi ekuivalen masing-masing zona proteksi yang ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Impedansi Ekuivalen Jaringan

	Panjang Jaringan		Impedansi Ekuivalen Urutan Positif (Ω)
	kms	%	
Zona 1	0,10	1%	1,0091
	9,80	100%	4,6310
Zona 2	10,65	1%	4,9556
	26,76	100%	11,1231

**4.6 Menghitung Arus Hubung Singkat 3 Fasa**

Arus gangguan hubung singkat yang dihitung dalam penelitian ini adalah arus hubung singkat 3 fasa. Nilai arus hubung singkat yang digunakan dalam analisis ini adalah pada panjang jaringan 1% dan 100% masing-masing zona proteksi. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh hasil yang ditunjukkan Tabel 5.

Tabel 5. Arus Hubung Singkat 3 Fasa

	Panjang Jaringan		Arus Hubung Singkat 3 Fasa (A)
	kms	%	
Zona 1	0,10	1%	11.443
	9,80	100%	2.493
Zona 2	10,65	1%	2.330
	26,76	100%	1.038

Arus hubung singkat 3 fasa pada Tabel 5 dapat dianalisis bahwa semakin jauh gangguan dari gardu induk maka semakin kecil arus hubung singkat yang terjadi, begitu juga sebaliknya.

#### 4.7 Perhitungan Arus OCR Recloser Banda

Berdasarkan data dari PT. PLN (Persero) APD Bali, ratio CT yang digunakan yaitu 1000/1. Nilai beban yang digunakan dalam perhitungan ini menggunakan data asumsi beban *recloser* dari PLN sebesar 175 A. Pada *setting* OCR dengan karakteristik *standar inverse*, *setting* relay arus lebih pada *recloser* Banda digunakan 1,2 kali arus beban puncak *recloser*. Pemilihan faktor kali 1,2 didasari pada kebutuhan saat manuver jaringan pada saat operasional sistem. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil *setting* arus  $I_{set(pri)}$  sebesar 210 A dan  $I_{set(sec)}$  sebesar 0.21 A.

Sedangkan untuk *setting* arus OCR dengan karakteristik waktu seketika dan *definite time* pada *recloser* Banda digunakan 1,2 kali arus hubung singkat terkecil di ujung jaringan yaitu sebesar 1.038 A. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *setting*  $I_{set(pri)}$  sebesar 1.246 A dan  $I_{set(sec)}$  sebesar 1,246 A.

#### 4.8 Perhitungan Arus OCR Penyulang

Ratio CT yang digunakan pada relay yaitu 800/5, Nilai beban yang digunakan dalam perhitungan *setting* arus adalah data asumsi beban dari PLN sebesar 250 A. *Setting* relay arus lebih pada penyulang adalah 1,2 kali beban puncak penyulang. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil *setting* arus  $I_{set(pri)}$  sebesar 300 A dan  $I_{set(sec)}$  sebesar 1,875 A.

Perhitungan *setting* dengan karakteristik *definite time* yang dipakai arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada lokasi gangguan 100 % di depan bus *recloser* sebesar 2.493 A, maka diperoleh hasil perhitungan *setting* arus  $I_{set(pri)}$  sebesar 2.992 A dan  $I_{set(sec)}$  sebesar 18,7 A.

#### 4.9 Perhitungan Tms Recloser Banda

*Setting* waktu pada OCR *recloser* Banda dengan karakteristik *standar inverse* menggunakan *time multiple setting* (Tms). *Setting* Tms *recloser* Banda menggunakan nilai arus gangguan terbesar di Zona 2 yaitu pada lokasi gangguan 1% di belakang bus *recloser* Banda sebesar 2.330 A. Waktu kerja relay arus lebih dipilih sebesar 0,3 detik dengan karakteristik *standard inverse*. Pemilihan 0,3 detik dimaksudkan untuk

menghindari efek arus *inrush* setelah

Penyulang	Recloser Banda
$I_{set(pri)} = 300 A$ $I_{set(sec)} = 1,875 A$ $tms = 0,38$ $t = 0,7 \text{ detik}$	$I_{set(pri)} = 210 A$ $I_{set(sec)} = 0,21 A$ $tms = 0,11$ $t = 0,3 \text{ detik}$
<i>Setting Definite</i> $I_{set(pri)} = 2.992 A$ $I_{set(sec)} = 18,7 A$ $t = 0 \text{ detik}$	<i>Setting Definite</i> $I_{set(pri)} = 1.246 A$ $I_{set(sec)} = 1,246 A$ $t = 0 \text{ detik}$

terjadinya *trip* atau *manual load shedding*. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh hasil *setting* Tms *recloser* Banda sebesar 0,11.

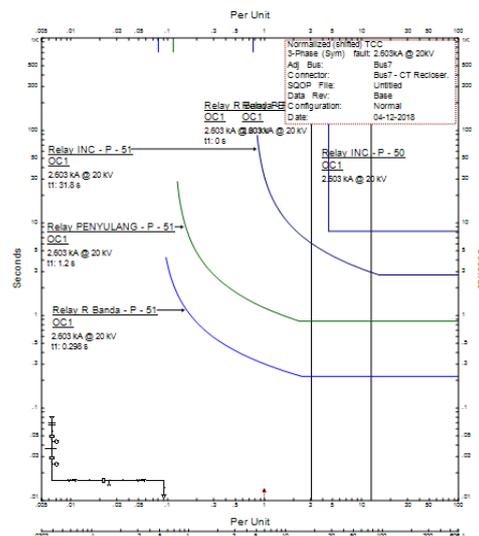
#### 4.10 Perhitungan Tms Penyulang

*Setting* Tms pada penyulang Bukit Jati menggunakan nilai arus gangguan terbesar di Zona 1 yaitu 1% di depan *recloser* sebesar 11.443 A. Karakteristik kurva pada penyulang Bukit Jati ditentukan menggunakan *standard inverse* dengan waktu kerja relay sebesar 0,7 detik lebih lambat dibandingkan *recloser* Banda. Berdasarkan hasil perhitungan di peroleh hasil *setting* Tms penyulang Bukit Jati sebesar 0.38.

Hasil perhitungan ulang arus dan Tms OCR penyulang dan *recloser* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Setting over current relay (OCR) sesuai hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan *setting* OCR



pada Tabel 6 disimulasikan menggunakan

program ETAP dan diperoleh hasil kurva koordinasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Kurva Koordinasi OCR *setting* perhitungan

Berdasarkan kurva koordinasi pada Gambar 3, selektifitas sistem pengaman hubung singkat sudah sesuai kaidah sistem proteksi. *Grading time* 0.4 detik atau lebih akan memberikan kesempatan relay OCR untuk memerintahkan *circuit breaker* (CB) bekerja, sehingga tidak menyebabkan peralatan pengaman di Zona 1 bekerja lebih awal atau bekerja bersamaan. Koordinasi peralatan pengaman yang mampu memenuhi syarat selektifitas, cepat, andal, dan selektif akan meminimalisir daerah padam saat terjadi gangguan hubung singkat.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis koordinasi relay arus lebih (OCR) dan *recloser* pada sistem eksisting penyulang Bukit Jati yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Terdapat beberapa setting relay yang belum tepat dan koordinasi yang kurang sempurna terutama pada setting Tms antara *over current relay* penyulang dan *recloser*, hal ini menyebabkan relay bekerja bersamaan saat terjadi gangguan hubung singkat.
- b. Hasil perhitungan ulang *time multiple setting* (Tms) pada *recloser* diperoleh sebesar 0,11 dan penyulang sebesar 0,38.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero) Area Bali Timur, "Data Aset Distribusi PT. PLN (Persero) Area Bali Timur," PT. PLN (Persero), 2017.
- [2] PT. PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali, "Data Gangguan Penyulang Distribusi 20 kV," PT. PLN (Persero), 2017.
- [3] T. A. A. Qoyyimi, O. Penangsang, N. K. Aryani, dan J. A. R. Hakim, "Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS," vol. 6, no. 1, hlm. 6, 2017.
- [4] A. Akmal dan K. Abimanyu, "Studi Pengaturan Relay Arus Lebih dan Relay Hubung Tanah Penyulang Timor 4 Pada Gardu Induk Studi Kasus : Gardu Induk Dawuan," vol. 2, no. 1, hlm. 10, 2017.
- [5] I. Baskara, I. W. Sukerayasa, dan W. G. Ariastina, "Studi Koordinasi Peralatan Proteksi OCR dan GFR pada Penyulang Tibubeneng," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 2, hlm. 50, Des 2015.
- [6] I. K. W. Iswara, G. D. Arjana, dan W. A. Wijaya, "Analisa Setting Relai Pengaman Akibat Rekonfigurasi pada Penyulang Blahbatuh," no. 2, hlm. 5, 2015.
- [7] N. A. Darmanto dan S. Handoko, "Analisa Koordinasi OCR-Recloser Penyulang Kaliwungu 03," vol. 11, no. 1, hlm. 8, 2006.
- [8] Y. Triyono, O. Penangsang, S. Anam, dan J. A. R. Hakim, "Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang," vol. 2, no. 2, hlm. 6, 2013.
- [9] I. K. Sutarjana, I. G. D. Arjana, dan T. G. I. Partha, "Studi Analisis Setting Relay Pengaman di Penyulang Ngurah Rai I dan Penyulang Ngurah Rai II," vol. 2, no. 1, hlm. 6, 2015.
- [10] PT. PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Bali, "Setting Relay Proteksi Penyulang dan Recloser," PT. PLN (Persero), 2017.
- [11] PT. PLN (Persero) Trans-JBTP APP Bali, "Data Trafo dan Arus Hubung Singkat 150 kVA," PT. PLN (Persero), 2017.