

## Analisis sistem proteksi di PT. PLN (Persero) sektor pembangkitan kendari unit PLTD Wua Wua

Aghnia Nur An Nisa<sup>1</sup>, Marwan<sup>2</sup>, Ahmad Rosyid Idris<sup>3</sup>

1. Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia | aghnianannisa@gmail.com
2. Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia | marwan\_energy@yahoo.com
3. Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia | ahmadrosyid.idris@gmail.com

### Abstrak

Masalah penentuan nilai setting proteksi dan koordinasi antar rele proteksi sangat berkaitan dengan keandalan suatu sistem. Jika nilai setting proteksi dan koordinasi antar rele proteksi belum jelas/belum diketahui dengan pasti, suatu sistem belum bias dikatakan sebagai sistem yang andal. Sehubungan dengan keandalan sistem tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai setting proteksi dan koordinasi antar rele proteksi sehingga apabila terjadi kondisi gangguan, hanya bagian yang terganggu saja yang dilepas dari sistem oleh rele proteksi dan gangguan yang terjadi tidak terjadi meluas. Dalam penelitian ini, rele yang akan dibahas ada 3 buah. Data yang dipergunakan adalah ketika terjadi kondisi gangguan yang meluas dan menyebabkan sistem mengalami padam sebagian. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kantor PLN Sektor Pembangkitan Kendari dan unit terkait. Data-data tersebut diperoleh dari history peralatan, sedangkan analisis data dilakukan dengan perhitungan sesuai dengan standar yang digunakan PLN yang dibantu simulator ETAP 12.6.0. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa memang terjadi kesalahan setting proteksi sehingga kondisi gangguan meluas dan menyebabkan padam sebagian pada sistem. Hasil perhitungan nilai setting pada rele Outgoing Trafo adalah 36 A, tms 0,239 SI, Arus momen 1356,97 A, td 0,3 (s) DT pada OCR, 138,54 A, tms 0,09282 SI pada GFR, 290,4 A, tms 0,0902 SI pada OCR, 115,47 A, tms 0,08416 SI pada GFR Outgoing Containerized serta 290,4 A tms 0,0722 SI pada OCR, 92,376 A, tms 0,0742 SI pada OCR Incoming Containerized.

### Kata Kunci

Rele proteksi, koordinasi, keandalan, OCR, GFR

## 1. Pendahuluan

PLN merupakan suatu badan usaha milik negara (BUMN) yang mempunyai peranan dalam penyediaan jasa tenaga listrik bagi masyarakat. Masyarakat memerlukan penyaluran tenaga listrik yang kualitas dan kuantitas penyalurannya dijaga dengan baik. Namun, dalam melayani kebutuhan tenaga listrik masyarakat, PT. PLN (Persero) juga harus memperhatikan keandalan sistem supaya kontinuitas penyaluran tenaga listrik terjaga.

Berbagai macam gangguan banyak terjadi di PT. PLN. Beberapa gangguan tersebut diantaranya gangguan pada sistem transmisi (Widyastuti dkk, 2014) dan gangguan akibat petir (Rahayu dan Ansyori, 2014) yang berdampak pada jaringan distribusi (Erhaneli, 2016; Mappa, 2017). Melihat perubahan kondisi Sistem Kendari dengan adanya penambahan PLTMG sebesar 50 MW dan PLTD Containerized 18 MW telah merubah kondisi dan konfigurasi sistem.

Pada PT. PLN (Persero) Unit PLTD Wua-Wua terdapat penambahan PLTD Containerized sebanyak 8 Mesin Cummins Containerized yang masing masing sebesar 1 MW. Sehingga terdapat penambahan sebesar 8 MW pada Unit PLTD Wua-Wua.

Dengan adanya penambahan mesin Containerized, maka koordinasi setting proteksi pada bus 20 kV PLTD Wua-Wua perlu dikaji ulang supaya tidak terjadi kesalahan koordinasi proteksi dengan penambahan 8 mesin Containerized (Karyana, 2013). Sesuai dengan data gangguan bahwa telah terjadi beberapa kali trip. Oleh karena itu, pada laporan akhir ini akan membahas tentang koordinasi proteksi supaya apabila terjadi gangguan, proteksi terdekatlah yang bekerja untuk mengamankan titik gangguan dan tidak menyebar luas ke daerah yang tidak mengalami gangguan. Metode yang digunakan yaitu dengan menganalisa data yang telah didapat dari PT. PLN (Persero) Unit PLTD Wua-Wua dan PT. PLN (Persero) Operasi Sistem Sulawesi Tenggara.

## 2. Metode

Metode penulisan jurnal ini dilakukan dengan beberapa metode yaitu studi literatur, observasi data serta wawancara. Teknik analisa / penyelesaian masalah yang diambil disini menggunakan perhitungan secara manual dengan dibuktikan melalui simulator ETAP 12.6.0. Langkah yang akan dilakukan dengan menggunakan data data yang diperoleh pada tahap observasi yang akan diolah sebagai bahan analisa penelitian seperti (Tleis, 2008):

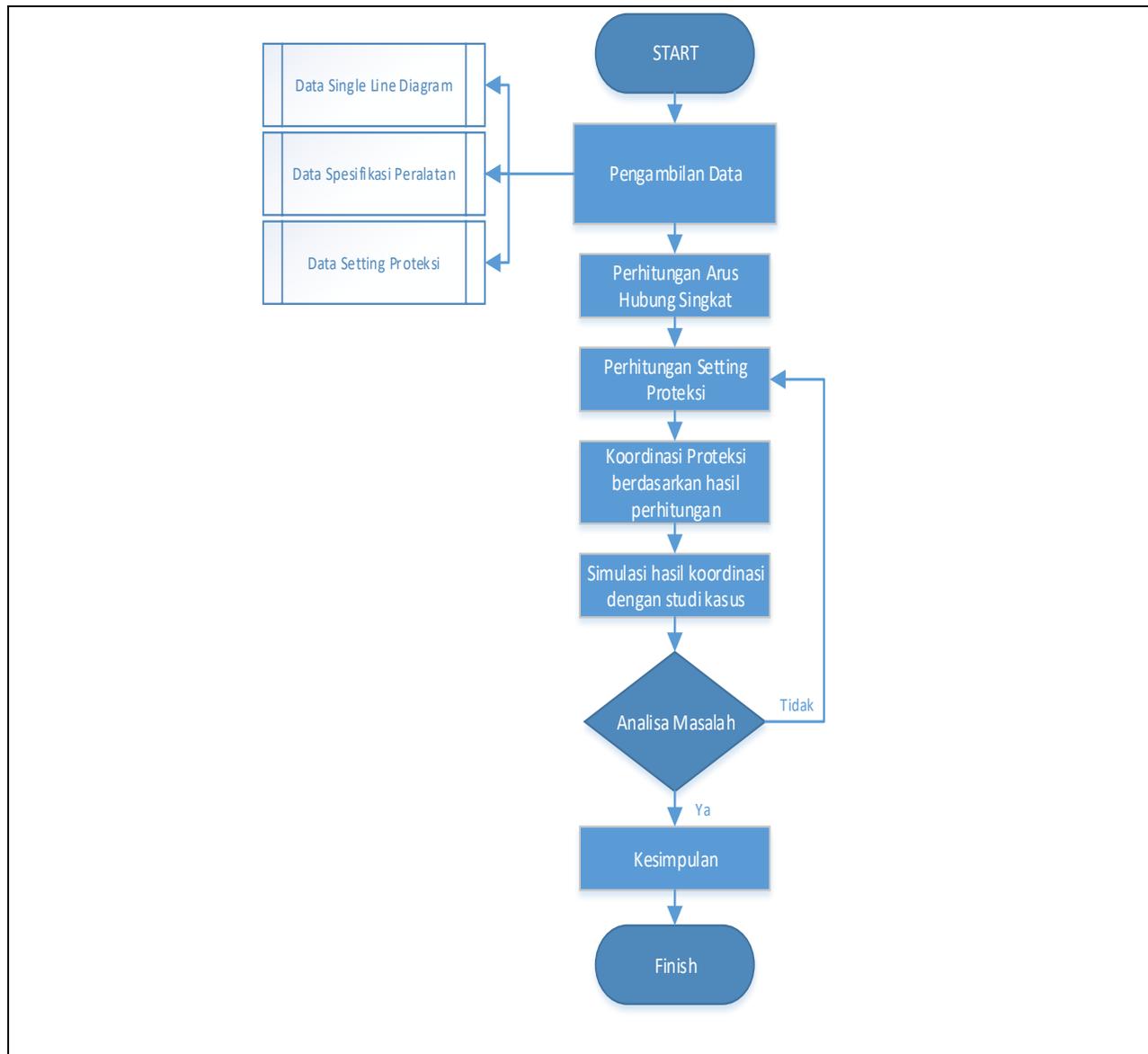
- Single Line Diagram.
- Data spesifikasi peralatan
- Data setting Relay Proteksi.

Data tersebut digunakan untuk menganalisa permasalahan permasalahan yang sebenarnya terjadi. Setelah Analisa permasalahan telah didapat maka akan dilakukan tahap penyelesaian masalah yang meliputi seperti :

- Perhitungan arus hubung singkat.
- Perhitungan setting OCR dan GFR.

- Analisa koordinasi proteksi.
- Analisa koordinasi proteksi melalui simulator ETAP 12.6.0

Apabila masih terdapat kesalahan koordinasi, maka harus kembali ke nomor 2 untuk menghitung ulang nilai setting yang dibutuhkan. Secara singkat diagram alir proses penyelesaian masalah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



**Gambar 1.** Flowchart Diagram Proses Penyelesaian Masalah

## 1) Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Pengaturan dari satu atau lebih peralatan proteksi, dan peralatan lain yang dimaksudkan untuk melakukan satu atau lebih fungsi proteksi tertentu (Stevenson, 1984). Suatu sistem proteksi yang terdiri dari satu atau lebih peralatan proteksi, transformator pengukuran, pengawatan, rangkaian tripping, catu daya, dan sistem komunikasi bila tersedia. (IEV, 448-11-04)

Tujuan utama sistem proteksi adalah mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik Memerintahkan trip pada PMT dan memisahkan peralatan yang terganggu dari istem yang sehat, sehingga sistem dapat terus berfungsi (Hermawan, 2014).

Dasar pemilihan proteksi sistem tenaga listrik dan sistem proteksi adalah sebagai berikut: (Karyana, 2013)

- Mengurangi kerusakan pada peralatan yang terganggu dan peralatan yang berdekatan dengan titik gangguan
- Mengurangi gangguan meluas
- Meminimalisasi durasi gangguan
- Meminimalisasi bahaya pada manusia
- Memaksimalkan ketersediaan listrik untuk konsumen

## 2) Protection Relay

Suatu peralatan yang dirancang untuk menghasilkan perubahan pada rangkaian *output* apabila nilai parameter *input* telah mencapai nilai yang ditetapkan sebelumnya. Perlengkapan untuk mendeteksi gangguan atau kondisi ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik, dalam rangka untuk membebaskan/ mengisolasi gangguan, menghilangkan kondisi tidak normal, dan untuk menghasilkan sinyal atau indikasi(Saadat, 1999). Rentang waktu sejak gangguan muncul sampai dengan saat kontak keluaran relai terhubung (mengeluarkan perintah trip.

Rentang waktu sejak gangguan muncul sampai gangguan dibebaskan dari sistem (SPLN T5.002-1-2010) Bagian dari jaringan sistem tenaga, dimana telah diaplikasikan proteksi tertentu. (IEV, 448-11-05) Syarat-syarat *relay* pengaman dikatakan dengan benar adalah (Sarimun, 2012):

### a) Cepat bereaksi

*Relay* harus bekerja bila sistem mengalami gangguan. Kecepatan kerja *relay* adalah saat *relay* merasakan adanya gangguan sampai pemutusan *CB* karena perintah dari *relay*. Waktu kerja harus secepat mungkin sehingga menghindari kerusakan alat sistem dan mempersempit pemadaman.

b) Sensitif atau Peka

*Relay* harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cepat sensitive terhadap gangguan di daerahnya meski gangguan tersebut minim, selanjutnya memberikan jawaban.

c) Andal dan *Realibility*

Keandalan *relay* dihitung dengan jumlah *relay* bekerja untuk mengamankan daerah terhadap jumlah gangguan yang terjadi.

d) Murah dan Ekonomis

*Relay* sebaiknya murah tanpa meninggalkan persyaratan-persyaratan *relay*.

e) Sederhana

Makin sederhana sistem *relay* makin baik, mengingat peralatan atau komponen *relay* memungkinkan kerusakan, jadi semakin sederhana kemungkinan terjadi kerusakan kecil.

- *Overcurrent Relay*, *relay* arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus. Harga atau besaran yang boleh melewatinya disebut dengan setting.
- *Ground Fault Relay*, relai gangguan tanah sisi tegangan tinggi transformator generator berfungsi sebagai proteksi cadangan transformator generator terhadap gangguan tanah. Relai ini dipasang pada sisi netral tegangan tinggi transformator generator. Trafo arus dihubungkan paralel sedemikian rupa hingga arus fasa nol dapat dicapai. Aliran fasa nol akan terjadi bila ada kesalahan arus ke tanah dengan tanah netral, jenis proteksi ini tidak akan bekerja bila gangguan tidak melibatkan tanah.

Karakteristik Rele (Grainger, 1994):

a) Rele waktu seketika (*Instantaneous time* rele)

Rele yang bekerja seketika (tanpa tunda waktu) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, rele ini akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (50-100 ms). Rele ini jarang berdiri sendiri umumnya dikoordinasikan dengan rele karakteristik yang lain.

b) Rele waktu tertentu (*Definite time* rele)

Rele ini akan memberikan perintah pada PMT untuk open saat arus yang mengalir melampaui settingnya (Is) dan jangka waktu kerja rele mulai *pick up* sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan rele.

c) Rele waktu terbalik (*Inverse* rele)

Rele ini akan bekerja dengan tunda waktu tergantung dari besarnya arus secara terbalik, makin besar arus makin kecil tunda waktunya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya berdasarkan IEC 60255 adalah sebagai berikut:

- *Standard Inverse*

$$t = \frac{0,14}{\left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right]} \times TMS \quad \text{Pers. (1)}$$

- *Very Inverse*

$$t = \frac{13,5}{\left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right) - 1\right]} \times TMS \quad \text{Pers. (1)}$$

- *Extremely Inverse*

$$t = \frac{80}{\left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^2 - 1\right]} \times TMS \quad \text{Pers. (3)}$$

- *Long Time Inverse*

$$t = \frac{120}{\left[\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right) - 1\right]} \times TMS \quad \text{Pers. (4)}$$

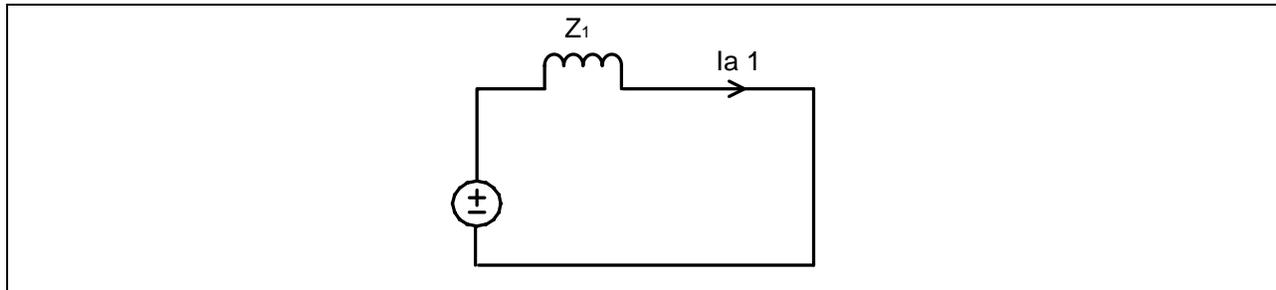
### 3) Sistem Per-Unit

$$\text{Harga Per Unit (pu)} = \frac{\text{harga sebenarnya}}{\text{harga dasar (base)}} \quad \text{Pers. (5)}$$

$$I_b = \frac{\text{Base daya (MVA}_b\text{)}}{\sqrt{3} \times \text{Base tegangan (kV}_b\text{)}} \quad \text{Pers. (6)}$$

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old} \left(\frac{\text{base kV}_{given}}{\text{base kV}_{new}}\right)^2 \cdot \frac{(\text{base MVA}_{new})}{(\text{base MVA}_{given})} \quad \text{Pers. (7)}$$

## 4) Gangguan Hubung Singkat Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa



**Gambar 2.** Rangkaian Pengganti Arus Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{f\text{ault } 3\text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \quad \text{Pers. (8)}$$

Kondisi awal:

$$I_{a2} = I_{a0} = 0 \quad \text{Pers. (9)}$$

$$|I_A| = |I_B| = |I_C| \quad \text{Pers. (10)}$$

$$|V_A| = |V_B| = |V_C| \quad \text{Pers. (11)}$$

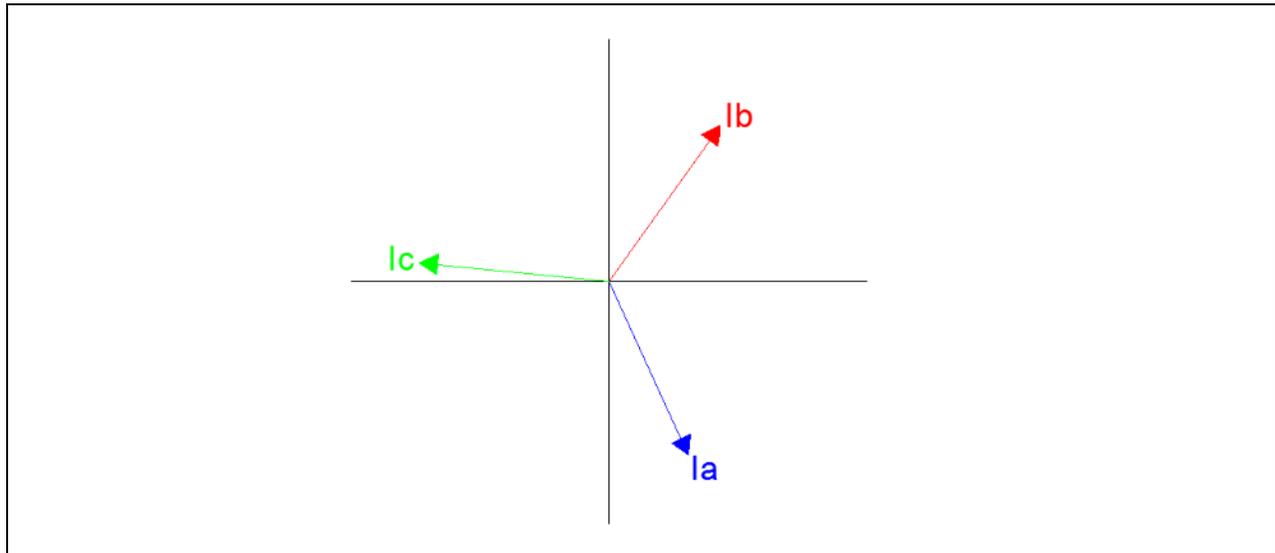
Arus Fasa:

$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \quad \text{Pers. (12)}$$

$$I_A = I_{a1} \quad \text{Pers. (13)}$$

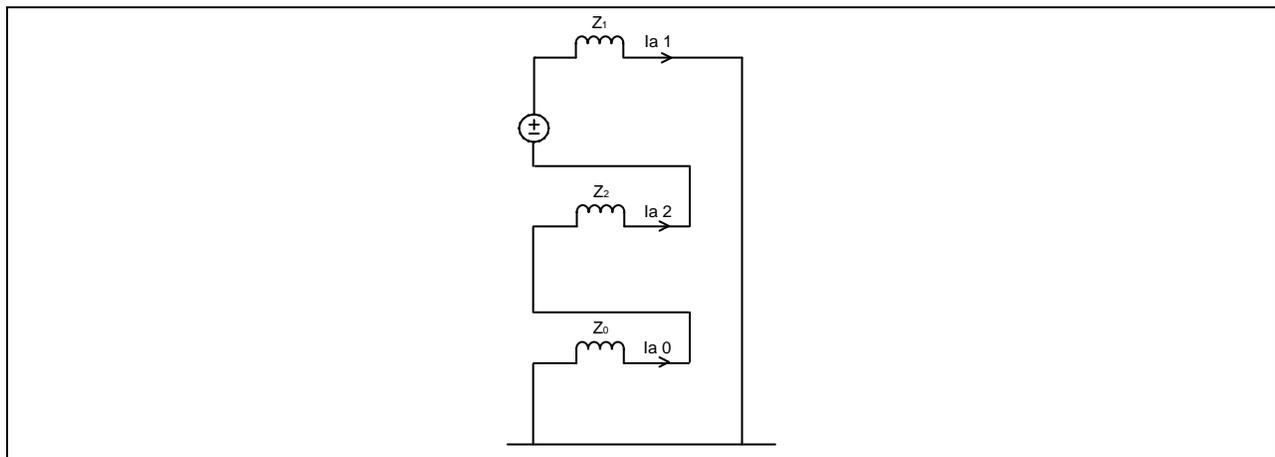
$$I_B = a^2 \times I_A = 1 \angle 240^\circ \times I_A \quad \text{Pers. (14)}$$

$$I_C = a \times I_A = 1 \angle 120^\circ \times I_A \quad \text{Pers. (15)}$$



**Gambar 3.** Vektor Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.



**Gambar 4.** Rangkaian Pengganti Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

$$I_{\text{fault 1 fasa-ground}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \quad \text{Pers. (16)}$$

Kondisi awal:

$$I_A = \text{ada dan } I_B = I_C = 0 \quad \text{Pers. (17)}$$

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} \quad \text{Pers. (18)}$$

Arus Fasa:

$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 I_{a1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Pers. (19)}$$

$$I_A = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \quad \text{Pers. (20)}$$

$$I_A = 3 \times I_{a1} \quad \text{Pers. (21)}$$

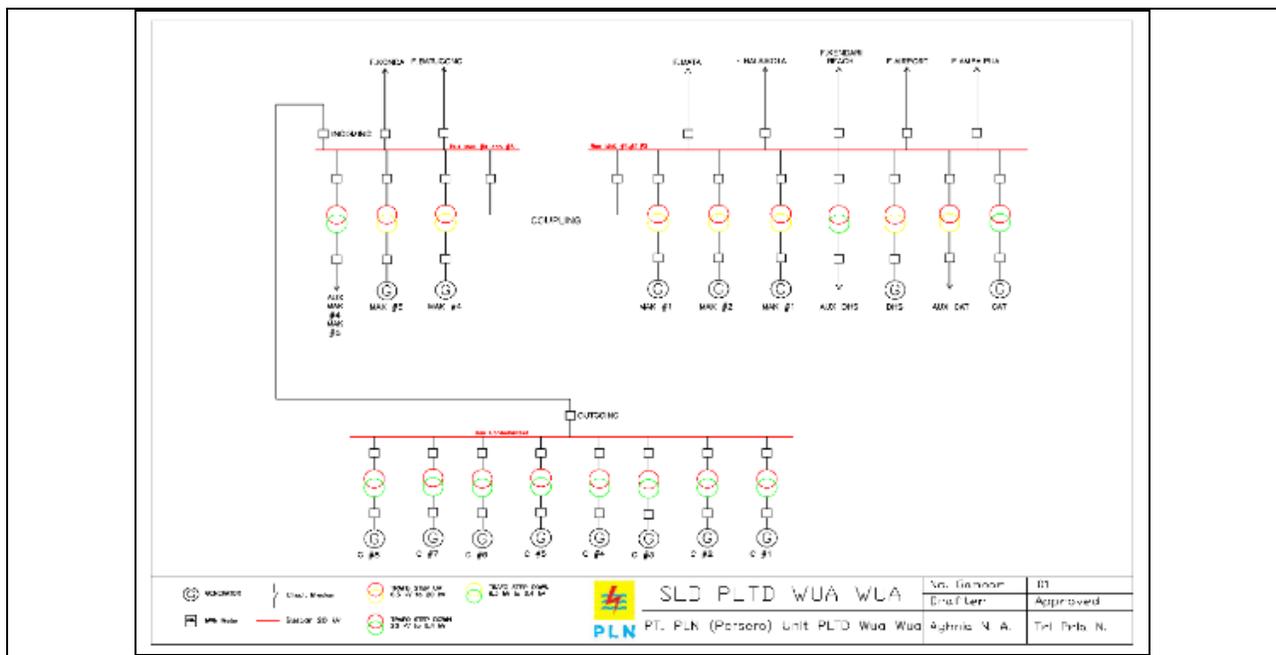
$$I_B = 0 \quad \text{Pers. (22)}$$

$$I_C = 0 \quad \text{Pers. (23)}$$

### 3. Hasil

Sebelum melakukan analisa permasalahan diperlukan data data dan laporan hasil permasalahan yang sering terjadi, data yang di perlukan antara lain adalah:

1. Single Line Diagram



**Gambar 5.** Single Line Diagram PLTD Wua-Wua

## 2. Data Setting Proteksi

### a) OCR

Merk Relay: SEPAM S40

**Tabel 1.** Kondisi relay pada arus ( $I_{>}$ )

Nama Relay	$I_{>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	-	-	-
Outgoing Containerized	400	0,15	SI
Incoming Containerized	400	0,15	SI

**Tabel 2.** Kondisi relay pada arus ( $I_{>>}$ )

Nama Relay	$I_{>>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	-	-	-
Outgoing Containerized	600	0,2	DT
Incoming Containerized	2600	0,1	DT

### b) GFR

Merk Relay: SEPAM S40

**Tabel 3.** Kondisi relay pada arus ( $I_{0>}$ )

Nama Relay	$I_{0>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	-	-	-
Outgoing Containerized	60	1	SI
Incoming Containerized	40	0,15	SI

**Tabel 4.** Kondisi relay pada arus ( $I_{0>>}$ )

Nama Relay	$I_{0>>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	-	-	-
Outgoing Containerized	120	0,1	DT
Incoming Containerized	200	0,3	DT

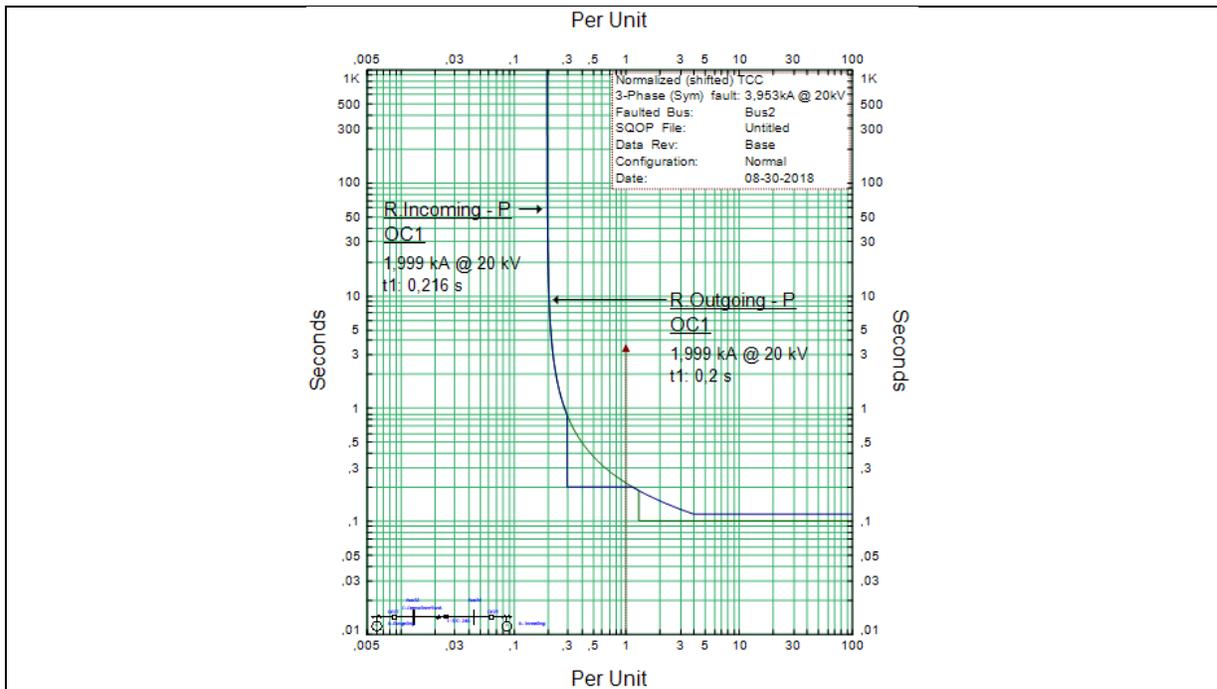
## 3. Data Gangguan

**Tabel 5.** Data gangguan pada relay

Tanggal	Nama Relay	Indikasi
3 Maret 2018	SEPAM S40 Outgoing Containerized	GFR
1 April 2018	SEPAM S40 Outgoing Containerized	OCR

Setelah melalui perhitungan dengan menggunakan rumus nomor 1 hingga 23 dapat disimpulkan bahwa terjadi kesalahan koordinasi proteksi yang mengakibatkan perluasan area yang terdampak gangguan. Sehingga dengan adanya kondisi tersebut, harus dilakukan perhitungan setting baru dan analisa koordinasinya dengan menggunakan simulator ETAP 12.6.0.

#### 4. Kurva Koordinasi Relay sebelum resetting



**Gambar 6.** Kurva Koordinasi Rele Proteksi Saat Terjadi Gangguan

#### 5. Nilai Setting dan Kurva Koordinasi Relay setelah resetting

- a) OCR  
Merk Relay : SEPAM S40

**Tabel 6.** Kondisi relay setelah dilakukan resetting pada arus ( $I_{>}$ )

Nama Relay	$I_{>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	36,3	0,239	SI
Outgoing Containerized	290,4	0,0902	SI
Incoming Containerized	316,8	0,0696	SI

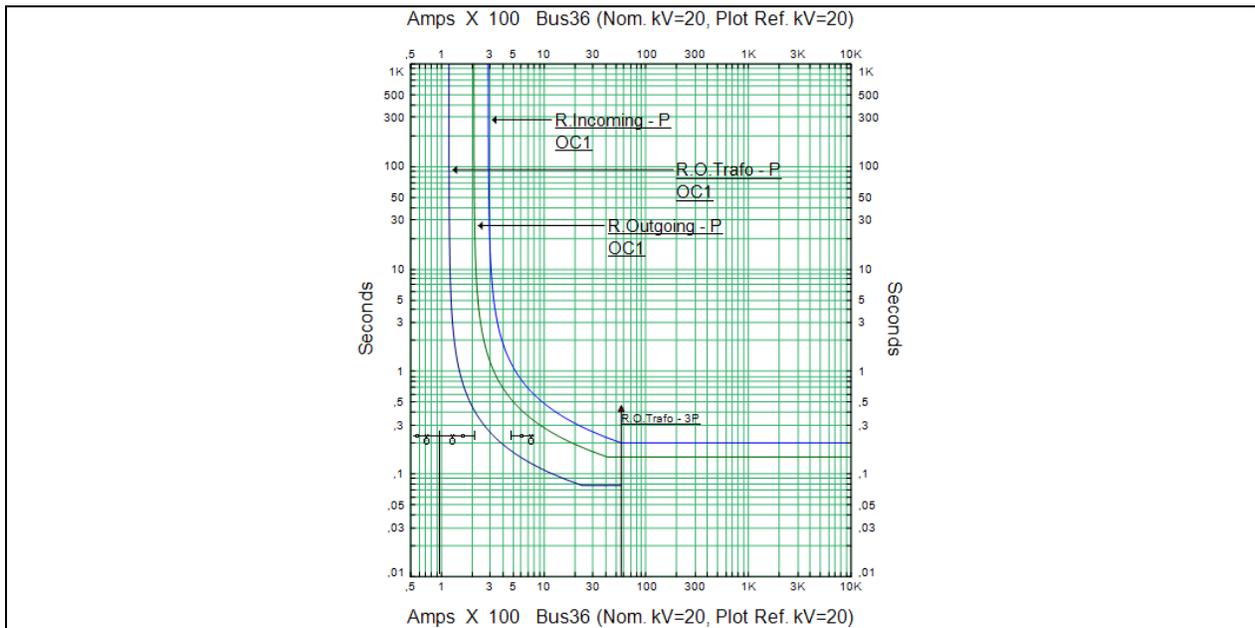
**Tabel 7.** Kondisi relay setelah dilakukan resetting pada arus ( $I_{>>}$ )

Nama Relay	$I_{>>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	1356,97	0,3	DT
Outgoing Containerized	-	-	-
Incoming Containerized	-	-	-

b) GFR  
Merk Relay : SEPAM S40

**Tabel 8.** Kondisi relay setelah dilakukan resetting pada arus ( $I_{0>}$ )

Nama Relay	$I_{0>}$ (A)	td(s)	Curve
Outgoing Trafo	138,564	0,09282	SI
Outgoing Containerized	115,47	0,08416	SI
Incoming Containerized	92,376	0,07402	SI



**Gambar 7.** Kurva Koordinasi Rele Proteksi Saat Terjadi Gangguan Setelah Resetting

Berdasarkan analisa menggunakan perhitungan dan simulasi ETAP 12.6.0 maka dapat diambil kesimpulan antara lain:

- Setelah dilakukan perhitungan secara manual, akan didapatkan nilai setting baru. Setting pada Outgoing Trafo sebelumnya nonaktif setelah dilakukan perhitungan menjadi OCR 36,3 A, tms 0,239 SI dan GFR 138,564 A, tms 0,09282 SI. Setting pada Outgoing Containerized sebelumnya OCR 400 A, td 0,15 s SI dan GFR 60 A, tms 1 s SI setelah dilakukan perhitungan menjadi OCR 290,4 A, tms 0,0902 SI dan GFR 115,47 A, tms 0,08416 SI

Sedangkan pada Incoming Containerized sebelumnya OCR 400 A, td 0,15 s SI dan GFR 40 A, tms 0,15 s SI setelah dilakukan perhitungan menjadi OCR 316,8, tms 0,0696 SI dan GFR 92,376 A, tms 0,07402 SI.

- Telah terjadi kesalahan koordinasi proteksi pada saat terjadi gangguan yang mengakibatkan sebagian sistem padam karena daerah gangguan yang meluas yang disebabkan rele proteksi pada Outgoing containerized bekerja dan rele proteksi pada outgoing trafo dalam kondisi idle sehingga harus di aktifkan dengan nilai sesuai dengan perhitungan yang telah dibuktikan dengan kurva koordinasi proteksi pada simulator ETAP 12.6.0

## Daftar Rujukan

- Erhaneli. 2016. Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik berdasarkan Indeks Keandalan Saidi dan Saifi pada PT.PLN (Persero) Rayon Bagan Batu Tahun 2015. Jurnal Teknik Elektro ITP, 5, 2, 120-129.
- Grainger, John J. 1994. Power System Analysis. Singapura.
- Hermawan, A. 2014. Modul Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Karyana, 2013. Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali, Jakarta.
- Mappa, A. 2017. Analisa Kerja Recloser untuk Memproteksi Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Sorong. Jurnal Electro Luceat, 3, 1, 1-10.
- Rahayu dan Ansyori. 2014. Analisa Proteksi Petir pada Gardu Distribusi 20 KV PT PL (Persero) Rayon Inderalaya. Mikrotiga, 1, 3, 1-8.
- Saadat, H, 1999. Power System Analysis, United States of America.
- Sarimun, W, 2012. Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik, edisi 1, Gamaond, Bekasi.
- Stevenson, W. D., 1984. Power System Analysis, Singapura.
- Tleis, N. 2008. Power System Modelling and Fault Analysis. Amsterdam, Boston.
- Widyastuti, L. N., Suliantoro, H., dan Rumita, R. 2014. Analisis Gangguan Sistem Transmisi Listrik menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA). Industrial Engineering Online Journal, 3, 3, 1-8.