

**PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN *WEAK INFEED* UNTUK  
DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN  
*AUTORECLOSE* PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMPEROLEH GELAR S1  
PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG



**DISUSUN OLEH :**

**ALE SEPTILA SAKTI**

**NIM 30602200105**

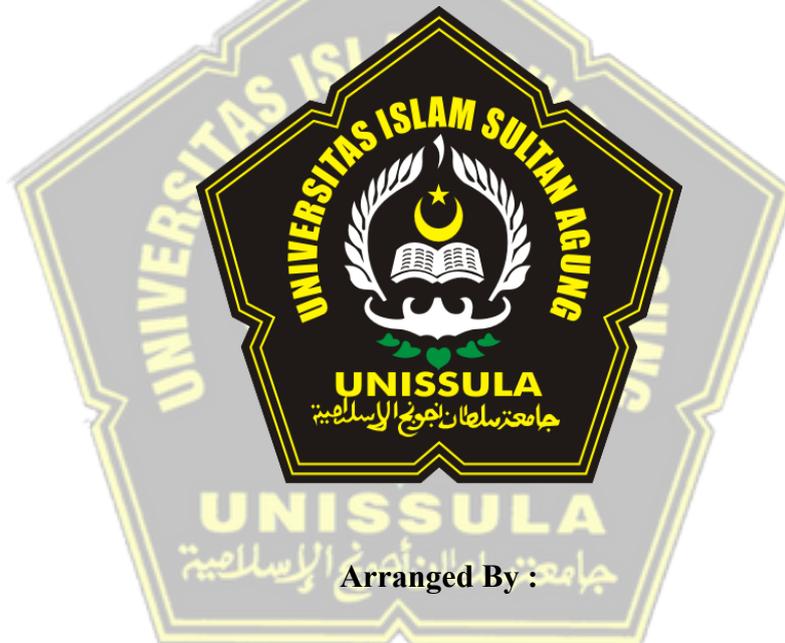
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**JANUARI 2025**

***FINAL PROJECT***

***IMPLEMENTATION OF THE POTT ECHO SCHEME WITH WEAK  
INFEED FOR DISTANCE RELAY TO IMPROVE AUTORECLOSE  
RELIABILITY IN RADIAL END SUBSTATION  
AT ULTG PANGKALAN BUN***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (SI) at  
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Universitas Islam Sultan Agung*



Arranged By :

**ALE SEPTILA SAKTI**

**NIM 30602200105**

**MAJORING OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY  
SEMARANG**

**JANUARI 2025**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN WEAK INFEED UNTUK DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN AUTORECLOSE PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN”** ini disusun oleh:

Nama : ALE SEPTILA SAKTI  
NIM : 30602200105  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 24 Februari 2025



Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN WEAK INFEED UNTUK DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN AUTORECLOSE PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Kamis  
Tanggal : 30 Januari 2025

Tim Penguji Tanda Tangan

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P.,M.Si.

NIDN : 0620026501

Ketua

Dedi Nugroho, S.T.,M.T.

NIDN : 0617126602

Penguji I

Dr. Eka Nuryanto Budisusila, S.T.,M.T.

NIDN : 0619107301

Penguji II

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ale Septila Sakti  
NIM : 30602200105  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN WEAK INFEED UNTUK DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN AUTORECLOSE PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Pangkalan Bun, 30 Januari 2025

Yang Menyatakan



Ale Septila Sakti

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul :

**“PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN WEAK INFEED UNTUK DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN AUTORECLOSE PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN”**

Pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar S1 pada program studi Teknik Elektro fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyusun laporan tugas akhir ini berdasarkan pengetahuan dan informasi yang diperoleh. Namun, penulis menyadari adanya keterbatasan dalam laporan ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kekurangan yang ada dan sangat mengharapkan saran serta kritik yang membangun untuk penyempurnaan laporan ini.

Besar harapan penulis agar laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Januari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....                 | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....                   | ii   |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....        | iii  |
| PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | iv   |
| KATA PENGANTAR.....                               | v    |
| DAFTAR ISI .....                                  | vi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                               | viii |
| DAFTAR TABEL.....                                 | ix   |
| ABSTRAK.....                                      | x    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                             | xi   |
| BAB I : PENDAHULUAN.....                          | 1    |
| 1.1.Latar Belakang.....                           | 1    |
| 1.2.Rumusan Masalah.....                          | 2    |
| 1.3.Batasan Masalah.....                          | 3    |
| 1.4.Tujuan Penelitian.....                        | 4    |
| 1.5.Manfaat.....                                  | 4    |
| 1.6.Sistematika.....                              | 4    |
| BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 6    |
| 2.1. Tinjauan Pustaka.....                        | 6    |
| 2.2. Landasan Teori.....                          | 8    |
| 2.2.1. <i>Distance Relay</i> (Relay Jarak).....   | 8    |
| 2.2.2. <i>Autoreclose</i> .....                   | 12   |
| 2.2.3. <i>Weak Infeed</i> .....                   | 13   |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.4. Penerapan skema teleproteksi pada sistem GI radial ujung di ULTG<br>Pangkalan Bun..... | 14 |
| BAB III : METODE PENELITIAN .....   | 16 |
| 3.1. Model Penelitian.....  | 16 |
| 3.2. Alat dan Bahan yang digunakan.....   | 16 |
| 3.3. Prosedur Penelitian .....  | 18 |
| 3.4. Metode Root Cause Problem Solving (RCPS) dan Matriks Prioritas ...                       | 20 |
| 3.6. Tahapan Penelitian.....  | 22 |
| BAB IV : DATA DAN ANALISA .....   | 24 |
| 4.1. Data Gardu Induk Ujung di wilayah ULTG Pangkalan Bun .....                               | 24 |
| 4.2. Data spesifikasi dan setting <i>distance relay</i> .....                                 | 27 |
| 4.3. Proses Penerapan Setting Skema Weak Infeed.....  | 30 |
| 4.4. Pengujian Relay.....   | 38 |
| 4.5. Analisa Penerapan Skema POTT Echo dengan Weak Infeed pada<br><i>distance relay</i> ..... | 44 |
| BAB V : PENUTUP.....  | 46 |
| 5.1. Kesimpulan.....  | 46 |
| 5.2. Saran .....  | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 47 |
| CURRICULUM VITAE .....  | 48 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Diagram Pola PUTT.....  | 10 |
| Gambar 2. 2 Diagram Pola POTT.....  | 10 |
| Gambar 2. 3 Diagram Pola Blocking.....  | 11 |
| Gambar 2. 4 Konfigurasi Jaringan GI Radial Ujung - Weak Infeed operasi dua penghantar.....  | 13 |
| Gambar 2. 5 Konfigurasi Jaringan GI Radial Ujung - Weak Infeed operasi satu penghantar..... | 13 |
| Gambar 2. 6. Peta Jaringan Transmisi 150 kV UPT Palangkaraya.....                           | 14 |
| Gambar 2. 7. Penerapan skema PUTT pada kondisi weak infeed di ULTG Pangkalan Bun.....       | 15 |
| Gambar 3. 1. Konfigurasi Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....                           | 17 |
| Gambar 3. 2 Root Cause Problem Solving.....   | 20 |
| Gambar 3. 3 Matriks Prioritas.....  | 21 |
| Gambar 3. 4 Flowchart Penelitian.....   | 22 |
| Gambar 4. 1. Single Line Diagram GI Kuala Pembuang.....                                     | 24 |
| Gambar 4. 2. Single Line Diagram GI Sukamara.....   | 25 |
| Gambar 4. 3. Single Line Diagram GI Nangabulik.....   | 26 |
| Gambar 4. 4. Relay ABB RED670.....  | 27 |
| Gambar 4. 5. Konfigurasi wiring proses resetting.....                                       | 30 |
| Gambar 4. 6. Pengaktifan WEI pada Software ABB (PCM600).....                                | 31 |
| Gambar 4. 7. Perubahan Skema Setting PUTT menjadi POTT.....                                 | 32 |
| Gambar 4. 8. Konfigurasi Setting Zone 3.....  | 33 |
| Gambar 4. 9. Konfigurasi Logic Weak Infeed.....   | 34 |
| Gambar 4. 10. Konfigurasi Logic Autorecloser (AR).....                                      | 37 |
| Gambar 4. 11. Konfigurasi Logic Zone 3.....   | 37 |
| Gambar 4. 12. Proses Pengujian Relay.....   | 38 |

## DAFTAR TABEL

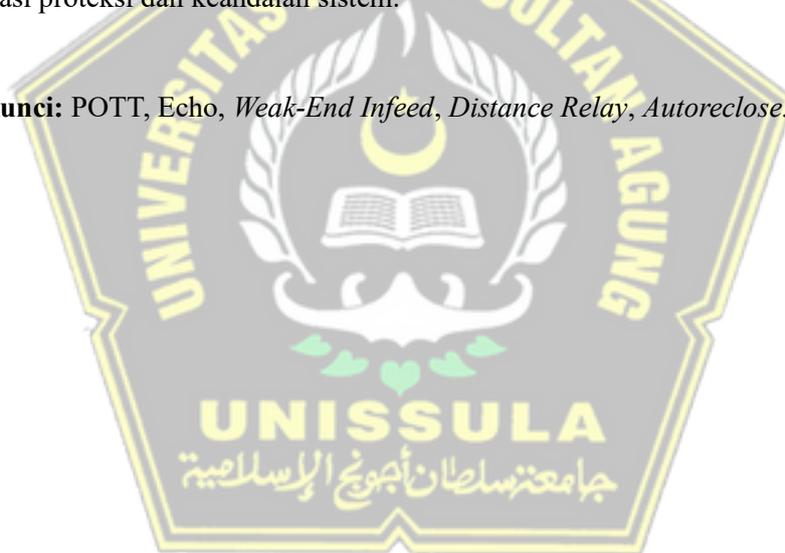
|  |    |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Data Gangguan 2 Line ULTG Pangkalan Bun 2023- Juni 2024.....            | 18 |
| Tabel 3. 2 Penilaian solusi berdasarkan hasil FGR .....                            | 21 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi Relay ABB RED670 di ketiga GI Ujung ULTG Pangkalan Bun..... | 27 |
| Tabel 4. 2. Data setting relay sebelum aktivasi weak infeed.....                   | 28 |
| Tabel 4. 3. Data setting relay sesudah aktivasi weak infeed.....                   | 29 |
| Tabel 4. 4. Hasil Simulasi Pengujian.....  | 40 |



## ABSTRAK

Sistem transmisi 150 kV di ULTG Pangkalan Bun membutuhkan sistem proteksi yang andal untuk mengatasi gangguan dan memastikan kontinuitas pasokan listrik. Proteksi utama pada sistem ini menggunakan *distance relay*. Namun, pada saluran transmisi Bagendang-Kuala Pembuang, terjadi kegagalan proteksi akibat fenomena *weak infeed*, di mana relay di GI Kuala Pembuang tidak dapat mendeteksi arus gangguan yang terlalu kecil karena lokasi GI yang jauh dan berada di ujung sistem. Akibatnya, relay tidak merespons gangguan, menyebabkan relay di sisi seberang trip serta kegagalan *autoreclose*, yang memperpanjang durasi gangguan hingga 28 menit pada 28 April 2024. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan perubahan skema proteksi dari *Permissive Underreach Transfer Trip* (PUTT) menjadi *Permissive Overreach Transfer Trip* (POTT) serta mengaktifkan fungsi *Weak-End Infeed* (WEI) pada relay ABB RED670. Perubahan ini memungkinkan relay tetap dapat merespons gangguan meskipun arus gangguan yang diterima sangat kecil dengan menggunakan sinyal echo dari GI seberang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah aktivasi WEI dan perubahan skema ke POTT, relay dapat memberikan trip instan pada gangguan zona 2, serta *autoreclose* dapat bekerja dalam 1000 ms, meningkatkan koordinasi proteksi dan keandalan sistem.

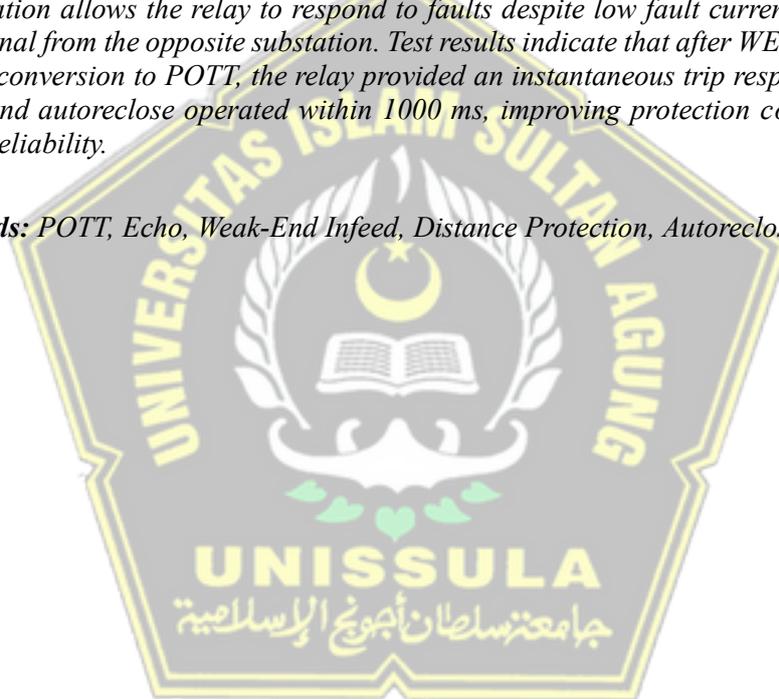
**Kata Kunci:** POTT, Echo, *Weak-End Infeed*, *Distance Relay*, *Autoreclose*.



## **ABSTRACT**

*The 150 kV transmission system at ULTG Pangkalan Bun requires a reliable protection system to handle faults and ensure the continuity of power supply. The primary protection in this system utilizes distance relays. However, on the Bagendang-Kuala Pembuang transmission line, protection failures occurred due to the weak infeed phenomenon, where the relay at GI Kuala Pembuang failed to detect fault currents that were too small due to the substation's remote location at the end of the system. Consequently, the relay did not respond to the fault, causing the relay on the opposite side to trip and autoreclose to fail, which prolonged the fault duration to 28 minutes on April 28, 2024. To address this issue, the protection scheme was modified from Permissive Underreach Transfer Trip (PUTT) to Permissive Overreach Transfer Trip (POTT), along with the activation of the Weak-End Infeed (WEI) function on the ABB RED670 relay. This modification allows the relay to respond to faults despite low fault currents, utilizing the echo signal from the opposite substation. Test results indicate that after WEI activation and scheme conversion to POTT, the relay provided an instantaneous trip response for zone 2 faults, and autoreclose operated within 1000 ms, improving protection coordination and system reliability.*

**Keywords:** *POTT, Echo, Weak-End Infeed, Distance Protection, Autoreclose.*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) merupakan komponen utama dalam sistem transmisi tenaga listrik yang menghubungkan pusat pembangkitan dengan pusat beban. Sepanjang jalurnya, SUTT memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap gangguan, terutama gangguan temporer yang umumnya terjadi akibat faktor eksternal seperti petir. Untuk mengatasi gangguan ini, sistem proteksi menggunakan relay jarak (*distance relay*) sebagai perlindungan utama dalam mendeteksi dan mengisolasi gangguan dengan cepat.

Namun, pada sistem transmisi yang memiliki gardu induk (GI) ujung dengan karakteristik *weak infeed* atau sumber tenaga lemah, terjadi fenomena di mana relay proteksi tidak dapat mendeteksi gangguan secara efektif. Hal ini terjadi karena arus gangguan yang diterima pada GI ujung sangat kecil atau bahkan tidak terdeteksi, sehingga relay gagal mengirimkan sinyal proteksi yang diperlukan. Akibatnya, *autoreclose* yang seharusnya bekerja untuk mengembalikan kondisi sistem ke keadaan normal mengalami kegagalan, yang berujung pada durasi pemadaman yang lebih lama (*Transmission Line Outage Duration - TLOD*).

Fenomena ini telah diamati pada jaringan transmisi 150 kV di wilayah kerja Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Pangkalan Bun, khususnya di GI Kuala Pembuang, GI Sukamara, dan GI Nangabulik, yang hanya menerima suplai listrik dari satu sumber tanpa adanya cadangan (*backup*). Berdasarkan data historis gangguan pada periode 2023 hingga Juni 2024, tercatat beberapa kejadian di mana gangguan dua saluran (*2-line fault*) menyebabkan keterlambatan trip dan kegagalan *autoreclose*, terutama pada 28 April 2024. Dalam kejadian tersebut, GI Kuala Pembuang mengalami pemadaman selama 28 menit akibat kegagalan relay dalam mendeteksi gangguan.

Skema proteksi yang telah diterapkan sebelumnya, yaitu *Permissive Underreach Transfer Trip* (PUTT), tidak mampu menangani permasalahan ini secara optimal karena metode ini bergantung pada sinyal *permissive* yang tidak

dapat dikirimkan oleh GI dengan *weak infeed*. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi sistem proteksi dengan menerapkan skema *Permissive Overreach Transfer Trip* (POTT) Echo yang dikombinasikan dengan aktivasi fungsi *Weak-End Infeed* (WEI). Dengan skema ini, relay proteksi dapat tetap merespons gangguan meskipun tidak mendeteksi arus gangguan yang signifikan, karena sinyal echo dapat dikirimkan kembali untuk memastikan operasi proteksi tetap berjalan dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan skema POTT Echo dengan aktivasi WEI guna meningkatkan keandalan proteksi jarak dan memperbaiki kinerja *autoreclose* pada GI ujung. Dengan solusi ini, diharapkan waktu trip dapat dipercepat dan *autoreclose* dapat berfungsi dengan optimal, sehingga mengurangi durasi gangguan serta meningkatkan stabilitas dan keandalan sistem transmisi di wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana fenomena *weak infeed* dapat mempengaruhi kinerja relay proteksi, khususnya pada Gardu Induk ujung yang memiliki sumber tenaga lemah?
2. Mengapa intertripping dengan pola PUTT tidak dapat berfungsi secara optimal ketika terjadi fenomena *weak infeed*?
3. Bagaimana solusi yang efektif untuk mengatasi dampak *weak infeed* pada gardu induk ujung sehingga relay dapat mendeteksi gangguan secara lebih responsif?

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dalam penelitian ini dibutuhkan batasan masalah agar pembahasan tidak meluas. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dibatasi pada analisa gangguan yang terjadi di Gardu Induk ujung pada wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun, khususnya pada GI Kuala Pembuang, GI Sukamara, dan GI Nangabulik.
2. Fokus pada gangguan temporer dan efeknya terhadap fungsi *Distance Relay*, terutama yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti petir atau gangguan antar fasa.
3. Penelitian ini hanya akan dibahas terkait kajian aktivasi skema *weak infeed* sebagai langkah *preventif* untuk menaikan keadaan sistem proteksi
4. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada data historis gangguan dari 2023 hingga juni 2024 pada wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun.
5. Pengaruh perhitungan beban, impedansi, dan parameter kelistrikan lainnya terhadap setting relay tidak dibahas secara detail dalam penelitian ini.
6. Penelitian ini tidak mencakup perhitungan nilai setting relay proteksi, tetapi hanya mengaplikasikan data setting yang telah ditetapkan oleh induk UIP3B Kalimantan.
7. Modul proteksi yang digunakan adalah ABB RED670
8. Proses setting aktivasi skema *weak infeed* dan pengujian dijelaskan secara rinci hanya pada GI Kuala Pembuang dikarenakan dalam proses tersebut prosedur yang diterapkan sama dan hanya data parameternya saja yang diubah.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diimplementasikan pada sistem kelistrikan di wilayah ULTG Pangkalan Bun, khususnya pada ketiga GI Ujung yaitu GI Kuala Pembuang, GI Sukamara, dan GI Nangabulik.
2. Untuk mengaktifkan skema POTT ECHO dengan *weak infeed* sebagai upaya *preventif* dalam menjaga keandalan sistem proteksi pada sistem transmisi (SUTT) sehingga dapat menurunkan kinerja TLOD (*Transmission Line Outage Duration*).

#### 1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi mahasiswa, dapat digunakan sebagai referensi serta menambah wawasan ilmu pengetahuan.
2. Bagi instansi, penelitian ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan kerja sistem proteksi *Distance Relay* dalam mengatasi dampak *weak infeed* pada gardu induk ujung sehingga relay dapat mendeteksi gangguan secara lebih responsif dan handal.

#### 1.6. Sistematika

Sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

##### 1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah yang akan diangkat, batasan masalah topik yang dibahas, manfaat dan tujuan penelitian, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

## 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian. Teori yang dipakai yaitu *distance relay*, *autorecloser*, *weak infeed*, serta bagaimana penerapan skema teleproteksi pada sistem GI radial ujung di ULTG Pangkalan Bun

## 3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai model penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode *Root Cause Problem Solving (RCPS)* yang digunakan untuk menemukan akar permasalahan sehingga dapat ditemukan solusi perbaikannya. Serta pada bab ini juga dijelaskan tahapan penelitian yang digambarkan secara sistematis dan terstruktur dalam *flowchart* penelitian.

## 4. BAB IV DATA DAN ANALISA

Pada bab ini berisi mengenai data GI radial ujung di ULTG Pangkalan Bun, data spesifikasi dan setting *distance relay* GI tersebut sebelum dan sesudah aktivasi. Pada bab ini juga dijelaskan bagaimana proses aktivasi setting skema *weak infeed*, kemudian dilakukan pengujian relay dan analisa untuk memastikan bahwa proses *setting* sudah sesuai dengan yang diharapkan.

## 5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini terdiri dari kesimpulan dan hasil analisa yang telah dilakukan serta saran-saran untuk ULTG Pangkalan Bun dalam mengoptimalkan kerja *distance relay* pada GI radial ujung.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini berisi rujukan ilmiah yang menjadi dasar penyusunan laporan tugas akhir.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Sebelum memulai penelitian, diperlukan studi literatur yang bertujuan untuk menemukan referensi dari berbagai sumber yang relevan dengan topik penelitian. Referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal, makalah atau berita yang berhubungan dengan penelitian ini.

Dalam penelitian ini, peneliti merangkum beberapa referensi yang pertama adalah “Implementasi *Intertripping* Pola *Weak Infeed* (WI) Pada SUTT 150 kV Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan Dan Kalimantan Tengah” Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diterapkan pada sistem KALSELTENG. Evaluasi dilakukan melalui simulasi gangguan hubung singkat pada SUTT 150 kV menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk mengidentifikasi lokasi *intertripping* pola PUTT yang mengalami kegagalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 14 lokasi *intertripping* pola PUTT yang gagal berfungsi karena arus gangguan hubung singkat tidak terdeteksi oleh supervisi relay OCR/GFR. Untuk mengatasi masalah ini, disarankan implementasi *intertripping* pola WI, yang bekerja berdasarkan deteksi penurunan tegangan dan tegangan titik netral akibat gangguan hubung singkat. [2].

Penelitian kedua berjudul “Skema Pott Echo (Weak Infeed+Cb Open) Distance Relay Ge Type D60 Untuk Keandalan Autoreclose Gi Radial Ujung-Segmen Line Charging”. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan skema khusus yang pada prinsipnya harus dapat mengantisipasi tidak adanya sinyal receive ketika elemen overraching dari distance relay yang bekerja hanya disisi GI sumber saja sehingga dengan mengimplementasikan skema POTT ECHO (WEAK INFEED + CB OPEN). Pada penelitian ini pengimplementasian skema juga disertai dengan implementasi Relay Tegangan Nol (RTN) di GI B untuk mencegah trip Trafo Daya di GI B karena *inrush current* saat *autoreclose* bekerja [3]. Pada penelitian yang akan saya lakukan adalah dengan menerapkan skema POTT Echo tersebut pada

*distance relay* tipe ABB RED670 serta tidak dilengkapi dengan RTN karena pada sistem kalimantan belum diterapkan.

Penelitian ketiga adalah terkait “Resetting Teleproteksi Distance Relay Tipe Micom P442 Merk Areva Bay Padalarang Ii Di Gardu Induk 150 Kv Bandung Utara”. Penelitian ini membahas kejadian gangguan pada zona 1 bay Padalarang II (masuk zona 2 bay Bandung Utara II di Gardu Induk 150 kV Padalarang) yang disebabkan oleh gangguan temporer. Dalam kondisi ini, PMT di bay Padalarang II pada Gardu Induk 150 kV Bandung Utara mengalami open, namun koordinasi antar rele jarak kurang optimal. Akibatnya, PMT bay Bandung Utara II di Gardu Induk 150 kV Padalarang mengalami trip, meskipun yang diharapkan adalah reclose terlebih dahulu. Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan perubahan setting rele jarak yang mencakup penyesuaian programmable scheme logic (PSL) dan perubahan teleproteksi dari PUTT (Permissive Underreach Transfer Trip) menjadi POTT (Permissive Overreach Transfer Trip). Resetting ini memungkinkan PMT bay Bandung Utara II di Gardu Induk 150 kV Padalarang melakukan reclose secara instan, karena telah memenuhi syarat dengan mendeteksi gangguan pada zona 2 dan menerima sinyal carrier dari Gardu Induk 150 kV Bandung Utara. [4].

Penelitian keempat berjudul “Analisis Scanning Setting Proteksi Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Gardu Induk Garuda Sakti Ke Gardu Induk Balai Pungut” bertujuan untuk menganalisis koordinasi rele jarak pada saluran 150 kV Garuda Sakti – Balai Pungut dalam menangani gangguan. Penelitian ini mengevaluasi nilai setting eksisting yang diperoleh dari PT PLN untuk menentukan kesesuaiannya dengan standar IEEE dan NPAG Alstom. Jika ditemukan setting yang belum memenuhi standar, dilakukan penyesuaian (resetting). Data setting rele tersebut kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak DIGSILENT 15.1 untuk mengevaluasi kinerja rele dan koordinasi antar rele guna memastikan keandalan operasinya [5].

## 2.2.Landasan Teori

Pemilihan jenis relay penghantar dipengaruhi oleh panjang saluran transmisi dan perbandingan impedansi sumber terhadap impedansi saluran yang diproteksi (SIR). SIR mencerminkan kekuatan sistem; semakin kecil SIR, semakin kuat sumber yang memasok saluran transmisi tersebut. [1].

Dalam aplikasinya, relay jarak digunakan untuk saluran panjang dan sedang, sedangkan relay diferensial penghantar digunakan untuk saluran pendek. Proteksi utama saluran transmisi melibatkan relay jarak dan relay diferensial. Pada sistem 500 kV, prioritas utama adalah menggunakan relay diferensial penghantar. [1].

### 2.2.1.Distance Relay (Relay Jarak)

Relay jarak adalah relay proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi ini diperoleh dari perbandingan tegangan dengan arus pada suatu sirkit. Kinerja relay jarak dipengaruhi oleh besarnya Source Impedance Ratio (SIR) dan memiliki keterbatasan sensitivitas terhadap gangguan satu fasa ke tanah. Relay ini memiliki berbagai karakteristik, seperti mho, quadrilateral, reaktans, adaptive mho, dan lainnya. Sebagai perangkat proteksi, relay ini juga dilengkapi dengan pola teleproteksi seperti PUTT (Permissive Underreach Transfer Trip), POTT (Permissive Overreach Transfer Trip), dan blocking. Jika teleproteksi tidak digunakan, relay ini hanya berfungsi sebagai step distance relay. [1].

Relay jarak, selain berfungsi sebagai proteksi utama, juga berperan sebagai proteksi cadangan jauh (remote backup) untuk penghantar di depannya maupun di belakangnya, mencakup Zone-2, Zone-3, dan Zone-3 reverse. Untuk mencegah kesalahan operasi (maltrip) akibat ayunan daya (power swing), relay ini biasanya dilengkapi dengan elemen power swing blocking. [1].

Relay jarak bekerja dengan mengukur tegangan pada titik relay dan arus gangguan yang terlihat dari relay. Dengan membagi tegangan dengan arus tersebut, impedansi hingga titik gangguan dapat dihitung. Perhitungan impedansi dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (2.1)$$

Dimana,

$Z_f$  : Impedansi gangguan (ohm)

$V_f$  : Tegangan gangguan (Volt)

$I_f$  : Arus gangguan (Amp)

Relay jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi seting, dengan ketentuan :

- a. Bila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi seting relay maka relay akan trip.
- b. Bila nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi seting relay maka relay tidak trip.

#### 1. Pola Basic

Pola basic pada relay jarak merupakan pola kerja relay jarak yang bekerja instance pada area seting zone-1, bekerja dengan backup time untuk zone-2 dan zone-3 tanpa dilengkapi fasilitas teleproteksi (sending receive sinyal pada saat relay mendeteksi adanya gangguan)

#### 2. Pola Teleproteksi

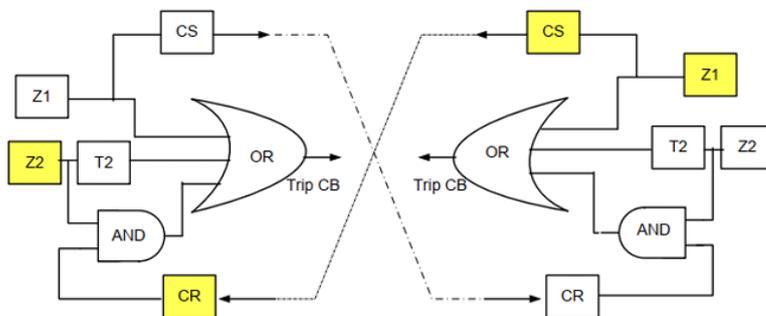
Pada dasarnya relay jarak memberikan tripping seketika untuk gangguan pada kawasan zone-1, yang mencakup sekitar 80 % dari panjang saluran. Sedangkan untuk gangguan di luar daerah zone-1 relay akan trip dengan waktu tunda. Untuk kehandalan sistem diperlukan fasilitas teleproteksi agar gangguan sepanjang saluran dapat ditripping dengan seketika pada kedua sisi ujung saluran. Pola ini dapat digambarkan sebagai berikut :

##### a. Pola PUTT (*Permissive Underreach Transfer Trip*)

Pola ini umumnya dioperasikan/ diterapkan pada relay jarak sebagai proteksi untuk saluran transmisi panjang dan menengah dengan mengirimkan sinyal carrier pada relay GI lawan pada saat gangguan zone 1. Serta kondisi trip seketika (zone - 1) terjadi pada dua kondisi yaitu:

- Gangguan pada zone-1
- Relay mendeteksi gangguan pada zone-2 dan menerima sinyal carrier dari GI lawan

Sehingga diagram logikanya dapat digambarkan sebagai berikut :



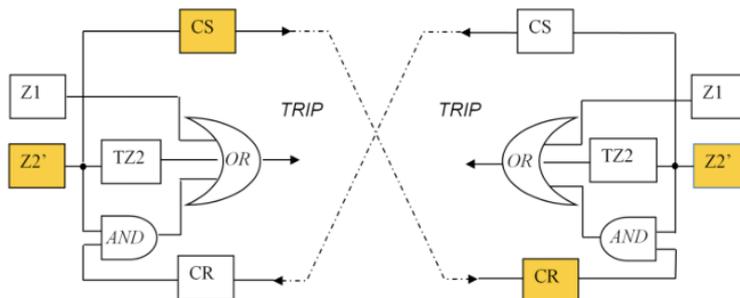
Gambar 2. 1 Diagram Pola PUTT  
(Sumber : PT.PLN (Persero) P3B Jawa Bali, 2013)

b. Pola POTT (*Permissive Overreach Transfer Trip*)

Pola POTT umumnya diterapkan pada saluran transmisi dengan panjang pendek dan menengah dengan mengirimkan sinyal carrier pada relay GI lawan pada saat gangguan zone 2. Serta kondisi trip seketika (zone -1) terjadi pada dua kondisi yaitu:

- Gangguan pada zone-1
- Relay mendeteksi gangguan pada zone-2 dan menerima sinyal carrier dari GI lawan

Sehingga diagram logikanya dapat digambarkan sebagai berikut:



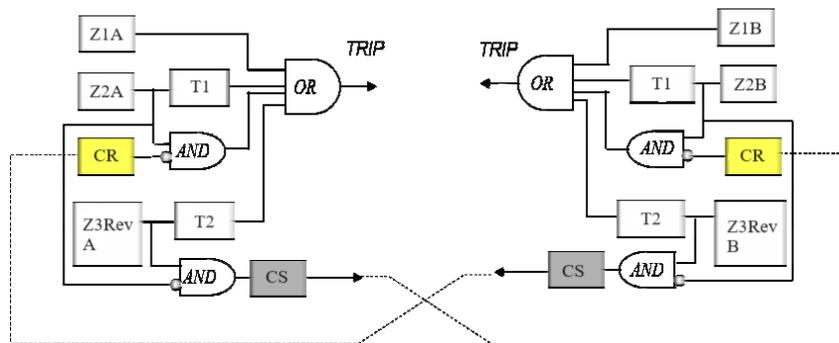
Gambar 2. 2 Diagram Pola POTT  
(Sumber : PT.PLN (Persero) P3B Jawa Bali, 2013)

### c. Pola Blocking

Pola ini umumnya dioperasikan/ diterapkan pada relay jarak sebagai proteksi untuk saluran transmisi pendek. Untuk ke depannya disarankan untuk tidak menerapkan pola blocking pada transmisi pendek tapi direkomendasikan menggunakan line current differensial. Pengiriman sinyal blocking (agar relay tidak bekerja) dilakukan oleh zone arah belakang (reverse). Jika relay A merasakan gangguan di zone-2 dan relay B mendeteksi gangguan tersebut pada zone-3 reverse, maka relay B akan mengirim sinyal blocking ke relay A sehingga relay A tidak trip seketika tetapi trip dengan waktu tunda  $t_2$  (waktu zone-2). Trip seketika akan terjadi untuk dua kondisi berikut:

- Gangguan pada zone-1
- Relay mendeteksi zone-2 dan tidak menerima sinyal blocking

Diagram logikanya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Diagram Pola Blocking  
(Sumber : PT.PLN (Persero) P3B Jawa Bali, 2013)

Filosofi pemilihan Zone pengaman pada relay jarak seperti berikut:

a. Pemilihan Zone-1

Zona proteksi utama yang mencakup sekitar 80% dari panjang saluran transmisi yang diamankan. Jika gangguan terdeteksi dalam zona ini, relay akan memberikan perintah trip secara instan tanpa penundaan waktu.

b. Pemilihan Zone-2

Zona proteksi cadanga yang mencakup seluruh panjang saluran dan sebagian kecil dari saluran berikutnya (120% dari panjang saluran utama). Jika gangguan terjadi dalam zona ini, relay akan memberikan perintah trip dengan sedikit waktu tunda untuk memastikan koordinasi dengan zona 1.

c. Pemilihan Zone-3

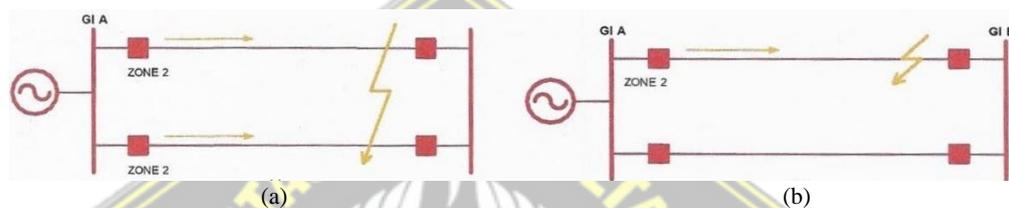
Zona proteksi terakhir yang mencakup dua busbar di depannya, berfungsi sebagai cadangan jauh (*remote backup*). Jika terjadi gangguan dalam zona ini, relay akan memberikan perintah trip dengan waktu tunda lebih lama guna memastikan bahwa gangguan tidak dapat diselesaikan oleh proteksi di zona sebelumnya.

### **2.2.2. Autoreclose**

Pada SUTET/SUTT, sering terjadi gangguan bersifat sementara (*temporary*), yang biasanya hilang setelah PMT melakukan trip. Untuk memastikan kesinambungan pelayanan kepada konsumen selama gangguan *temporary* dan menjaga stabilitas sistem, dipasanglah perangkat *autorecloser*. *Autorecloser* adalah peralatan yang berfungsi untuk menginisiasi perintah *close* pada PMT setelah memenuhi ketentuan *setting* yang telah ditentukan. Proses ini juga mempertimbangkan input logika dari relay jarak atau relay diferensial penghantar, serta kondisi operasional PMT. [1].

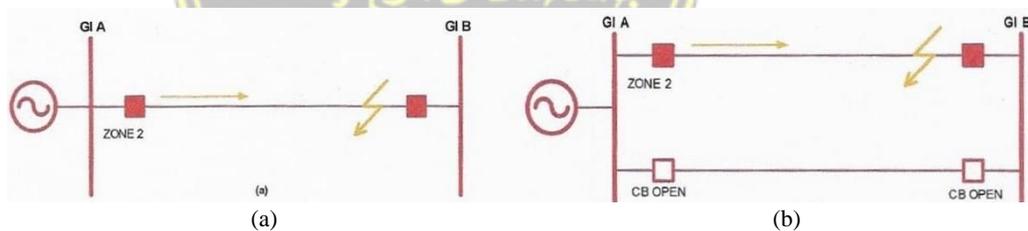
### 2.2.3. Weak Infeed

Skema proteksi Infeed Lemah digunakan dalam sistem tenaga listrik untuk memastikan deteksi dan isolasi kesalahan yang andal, terutama dalam situasi di mana sumber daya (infeed) lemah, yang berarti sumber tersebut tidak dapat menyuplai arus gangguan yang cukup untuk mengaktifkan perangkat proteksi tradisional. Skema ini sangat penting untuk menjaga stabilitas sistem dan mencegah kerusakan pada peralatan ketika proteksi konvensional mungkin gagal mendeteksi gangguan karena tingkat arus gangguan yang rendah [3]. Gambar 2.4 merupakan konfigurasi weak infeed



Gambar 2. 4 Konfigurasi Jaringan GI Radial Ujung - Weak Infeed operasi dua penghantar  
(Sumber : PT.PLN (Persero) UIP3B Sumatra, 2019)

Kondisi gangguan di zone 2 GI A pada salah satu atau dua penghantar dengan pola PUTT, GI tidak mendeteksi gangguan karena mengalami weak infeed. Sehingga GI A trip sesuai setting waktu tunda  $tZ2$  basic (400-800 ms) dan AR (*Autoreclose*) tidak bekerja (gambar 2.4a). Untuk gangguan di satu penghantar saja, distance relay di GI B akan bekerja zone 1 setelah PMT di GI A trip (gambar 2.4b)



Gambar 2. 5 Konfigurasi Jaringan GI Radial Ujung - Weak Infeed operasi satu penghantar  
(Sumber : PT.PLN (Persero) UIP3B Sumatra, 2019)

Kondisi gangguan di zone 2 GI A pada konfigurasi jaringan 1 penghantar GI radial (Gambar 2.5a), GI B tidak mendeteksi gangguan karena GI B tidak ada *source* (gangguan phasa-phas) atau mengalami *weak infeed* (gangguan satu fasa

ke tanah). Sehingga GI A *trip* sesuai *setting* waktu tunda *tZ2 basic* (400-800 ms) dan AR tidak bekerja. *Distance relay* di GI B tidak akan bekerja karena gangguan telah diisolasi saat PMT di GI A *trip*.

#### 2.2.4. Penerapan skema teleproteksi pada sistem GI radial ujung di ULTG Pangkalan Bun

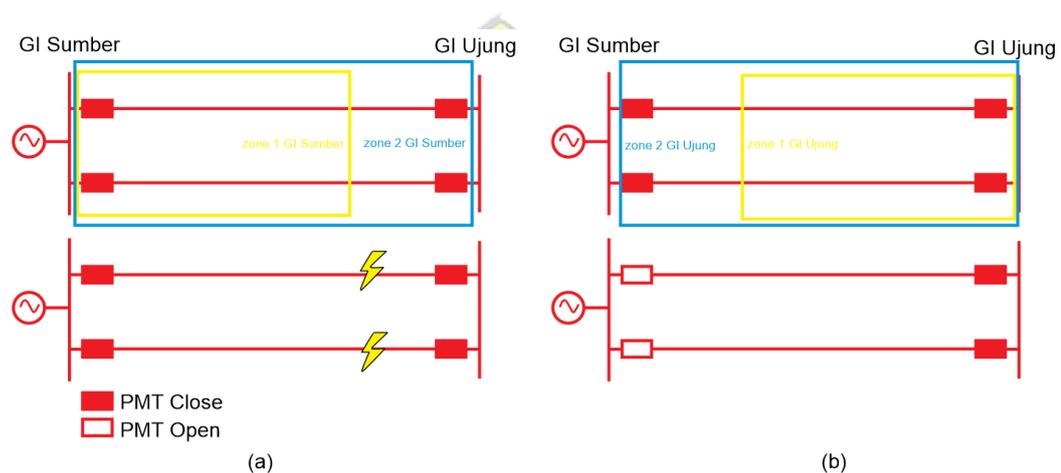
Sistem kelistrikan pada Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Palangkaraya merupakan salah satu bagian dari subsistem barito pada sistem interkoneksi di Kalimantan, pada subsistem barito ini UPT Palangkaraya terdapat 3 sumber pembangkit utama yaitu PLTU SKS, PLTU Pulang Pisau, dan PLTMG Bangkanai. Pada PLTMG Bangkanai terinterkoneksi melalui sistem yang ada di Kalimantan selatan yaitu melalui GI Tanjung hingga nantinya ke GI Selat. Hal ini dikarenakan belum adanya pembangunan jalur SUTT dari GI Kuala Kurun yang menghubungkan ke GI Puruk Cahu.



Gambar 2. 6. Peta Jaringan Transmisi 150 kV UPT Palangkaraya  
(Sumber : PT.PLN (Persero) UPT Palangkaraya, 2024)

Pada gambar 2.6. wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun terdiri dari 7 gardu induk pada sistem radial dan 3 diantaranya terletak pada ujung sistem (GI Kuala Pembuang, GI Nangabulik, GI Sukamara).

Skema teleproteksi PUTT yang telah diterapkan pada GI radial ujung pada ULTG Pangkalan Bun bekerja berdasarkan deteksi gangguan di zona proteksi *underreach*, pada zona 1 relay jarak, yang mencakup 80-90% dari panjang saluran transmisi tersebut. Skema PUTT ini dirancang untuk mempercepat pelepasan gangguan melalui pengiriman sinyal izin (*permissive*) dari relay yang mendeteksi gangguan. Namun penerapannya pada gardu induk radial dengan kondisi weak infeed menghadapi beberapa tantangan seperti yang digambarkan pada gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2. 7. Penerapan skema PUTT pada kondisi weak infeed di ULTG Pangkalan Bun

Pada kondisi ketika terjadi gangguan pada kedua line yang bersifat temporer (petir) dimana gangguan berada pada zone 1 GI ujung, Relay pada GI ujung tidak merasakan adanya gangguan karena hilangnya sumber tegangan hal ini disebabkan adanya fenomena *weak infeed* yang dapat menyebabkan pemutus tenaga (PMT) gagal trip serta tidak bisa mengirim sinyal izin (*permissive*) ke GI Sumber untuk melakukan *autoreclose*. Sinyal dari GI ujung ini pada skema PUTT sangat diperlukan untuk melakukan *autoreclose* sehingga kehandalan sistem dapat tetap terjaga.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Model Penelitian**

Penelitian ini adalah studi kasus yang dilaksanakan di ULTG Pangkalan Bun, dengan fokus pada 3 GI ujung yaitu GI Kuala Pembuang, GI Sukamara, dan GI Nangabulik. Model penelitian ini melibatkan pengujian dan evaluasi penerapan skema POTT dengan *Weak Infeed* pada *distance relay* melalui pengaktifan skema tersebut, modifikasi *setting relay*, dan simulasi gangguan. Tujuannya adalah untuk memastikan keandalan dan efektivitas skema proteksi ini dalam menghadapi berbagai kondisi gangguan.

#### **3.2. Alat dan Bahan yang digunakan**

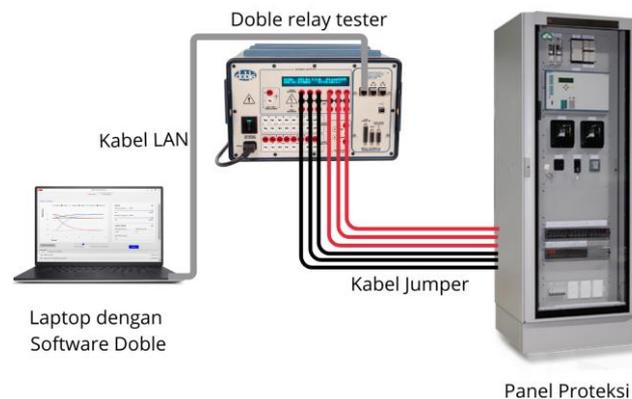
Dalam penelitian ini adapun alat dan bahan yang digunakan antara lain :

1. Perangkat keras (*Hardware*)

Pada penelitian ini untuk melakukan setting dan pengujian relay ada beberapa perangkat keras yang perlu disiapkan yaitu :

- Laptop
- Kabel LAN
- Kabel Power
- Kabel Jumper
- Doble Relay Tester
- Test Plug

Alat-alat tersebut dirangkai dengan cara menyambungkan laptop dan doble relay tester menggunakan kabel LAN, sementara untuk doble relay tester disambungkan dengan test plug di panel proteksi menggunakan kabel jumper dan dirangkai berdasarkan wiring diagram pengujian. Adapun konfigurasi perangkat keras dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3. 1. Konfigurasi Perangkat Keras (*Hardware*)

## 2. Perangkat lunak (Software)

Untuk melakukan setting dan pengujian *distance relay* diperlukan beberapa software yaitu :

- PCM600

Penggunaan software PCM600 digunakan untuk mengakses relay ABB pada GI Kuala Pembuang, GI Sukamara dan GI Nangabulik sehingga bisa dilakukan setting dan aktifasi skema proteksi yang akan diterapkan

- Doble

Software Doble digunakan untuk melakukan pengujian karakteristik dan uji fungsi *distance relay*.

## 3. Data teknis

Untuk mendukung keberhasilan penelitian ini diperlukan beberapa data teknis yaitu sebagai berikut:

- Wiring Diagram Panel proteksi pada GI yang akan dilakukan penerapan skema proteksi.
- Data *setting existing distance relay*.
- Data *setting approval* dari UIP3B Kalimantan untuk setting atau aktivasi penerapan skema POTT Echo dengan weak infeed

### 3.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini terdiri dari langkah-langkah dalam melakukan penelitian, yaitu sebagai berikut :

#### 1. Identifikasi masalah

Pada periode 2023-Juni 2024 tercatat telah terjadi 4 kali gangguan 2 line pada ULTG Pangkalan Bun yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Data Gangguan 2 Line ULTG Pangkalan Bun 2023- Juni 2024

| No | Tanggal    | Penghantar                       | Indikasi GI A           | Indikasi GI B                     | Penyebab |
|----|------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------|
| 1  | 19/05/2023 | Bagendang-Kuala<br>Pembuang 1&2  | TRIP, Zone 2            | Tidak Trip,<br>Hanya kirim<br>DEF | Petir    |
| 2  | 31/12/2023 | Sampit-<br>Bagendang 1&2         | Gagal Reclose<br>Zone 1 | Tidak Trip                        | Petir    |
| 3  | 18/04/2024 | Sampit-<br>Bagendang 1&2         | Gagal Reclose<br>Zone 1 | Tidak Trip                        | Petir    |
| 4  | 28/04/2024 | Bagendang-Kuala<br>Pembuang 1 &2 | Gagal Reclose<br>Zone 2 | Gagal Reclose<br>Zone 1           | Petir    |

Berdasarkan tabel 3.1 dapat dilihat bahwa telah terjadi 4 kali gangguan 2 line di wilayah ULTG Pangkalan Bun. Hal ini menimbulkan beberapa penyebab mengenai permasalahan yang terjadi pada rele proteksi diantaranya adalah:

- Impedansi tidak sesuai karakteristik
- Tida ada source/lemah
- Setting TOR tidak sesuai
- Relay mengalami kerusakan
- Masalah *time sync*

Pada penelitian ini yang menjadi fokus permasalahan adalah terjadinya gangguan pada tanggal 28 April 2024 dimana kejadian gagal reclosenya kedua GI baik disisi bagendang maupun kuala pembuang perlu dikaji dan dianalisa karena salah satu permasalahan yang dihadapi di GI Kuala Pembuang yaitu fenomena *weak infeed* atau *weak source*. Hal ini terjadi ketika pada saat gangguan petir maka pada GI Bagendang dapat merasakan

gangguan dikarenakan GI Bagendang masih menerima sumber tenaga dari pembangkit di dekat GI sementara pada GI Kuala Pembuang gangguan tersebut tidak dirasakan dikarenakan tenaga listrik yang masuk ke GI Kuala Pembuang sangat lemah dan hampir tidak terasa, sehingga relay tidak merasakan gangguan dan hal ini dapat memicu padam jika GI Bagendang merasakan gangguan pada Zone 2 dan tidak menerima sinyal receive pada GI Kuala Pembuang dan sesuai dengan setting gangguan zone 2 maka perintah trip dilaksanakan setelah 400ms waktu tunda setelah GI Bagendang menerima gangguan. Hal ini menyebabkan GI Kuala Pembuang padam selama 28 menit hingga bisa dinormalkan. Untuk itu diperlukan adanya solusi yang dapat mengurangi atau menghilangkan gangguan berupa *weak infeed* agar mencegah relay tidak merasakan gangguan sehingga ketika terjadinya gangguan, kedua GI dapat responsif dalam mengantisipasi gangguan dan kerugian akibat gangguan lebih lanjut.

## 2. Membuat tujuan

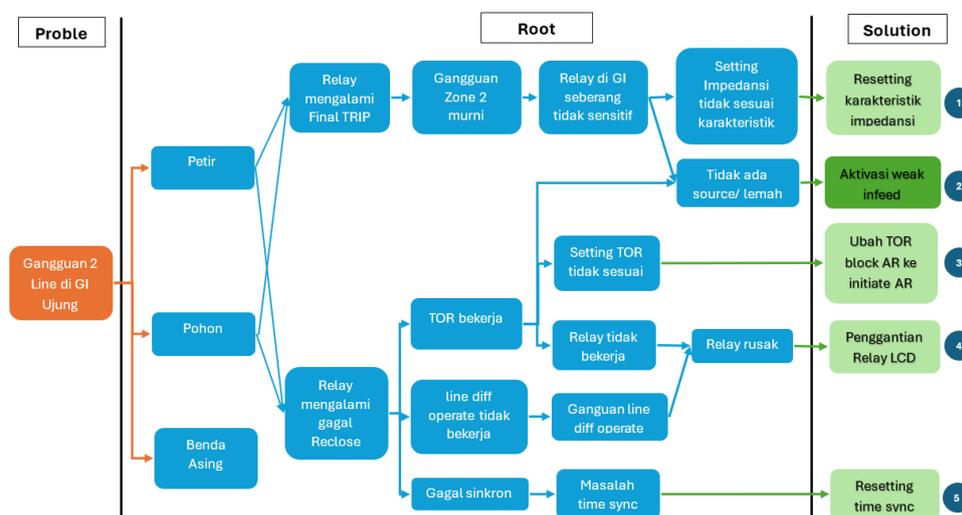
Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk menganalisa kinerja *intertripping* pola PUTT yang telah diimplementasikan pada sistem kelistrikan di wilayah ULTG Pangkalan Bun, khususnya pada ketiga GI Ujung yaitu GI Kuala Pembuang, GI Sukamara, dan GI Nangabulik. Selain itu juga untuk melakukan aktivasi skema POTT ECHO dengan *weak infeed* sebagai upaya *preventif* dalam menjaga keandalan sistem proteksi pada sistem transmisi (SUTT) untuk menurunkan kinerja TLOD & TLOF khususnya pada ketiga GI Ujung tersebut.

## 3. Menentukan Judul

Sebagai kerangka dasar berfikir dalam suatu penelitian untuk menggambarkan penelitian secara garis besar, maka perlu di representasikan kedalam suatu judul. Berdasarkan permasalahan dan tujuan maka peneliti menetapkan judul **“PENERAPAN SKEMA POTT ECHO DENGAN WEAK INFEED UNTUK DISTANCE RELAY DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN AUTORECLOSE PADA GI RADIAL UJUNG DI ULTG PANGKALAN BUN”**

### 3.4. Metode Root Cause Problem Solving (RCPS) dan Matriks Prioritas

Berdasarkan identifikasi masalah, dilakukan analisis Root Cause Problem Solving (RCPS). Metode ini digunakan untuk mencari tahu akar permasalahan agar dapat dicari opsi solusi terbaik yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.



Gambar 3. 2 Root Cause Problem Solving

Dengan root cause tersebut, solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan Gangguan 2 Line di GI ujung sebagai berikut:

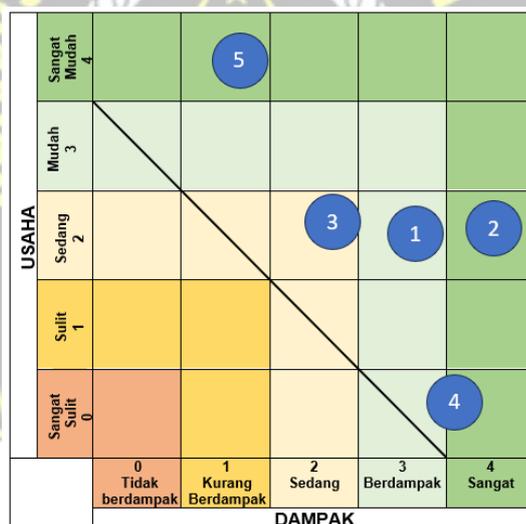
- Resetting karakteristik impedansi
- Aktivasi weak infeed
- Ubah TOR block AR ke Initiate AR
- Penggantian Relay LCD
- Resetting time sync

Opsi solusi dari analisa RCPS kemudian didiskusikan melalui Focus Group Discussion (FGD) dengan pihak terkait dinilai sebagai dasar dalam matriks prioritas. FGD dilaksanakan bersama Manajer UPT Palangkaraya, Assistant Manager Perencanaan dan Evaluasi, Team Leader Diagnosa dan Pengelolaan Data, Team Leader Enjiniring dan Team Leader Proteksi. Penilaian dilakukan berdasarkan tingkat kesulitan usaha yang harus dilakukan dibanding dampak yang diberikan. Hasilnya didapatkan penilaian seperti yang terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Penilaian solusi berdasarkan hasil FGD

| No  | Penilaian mandiri                    |                   |   |   |   |   |        |   |   |   | Penilaian Manajemen  |                            |   |   |   |   |                                  |                 |   |   |   |   |                       |
|---|--------------------------------------|-------------------|---|---|---|---|--------|---|---|---|--|----------------------------|---|---|---|---|----------------------------------|-----------------|---|---|---|---|-----------------------|
|   | INISIATIF IDE                        | Tingkat Kemudahan |   |   |   |   | Dampak |   |   |   |  | Person (Tingkat kemudahan) |   |   |   |   | Hasil Workshop Tingkat Kemudahan | Person (Dampak) |   |   |   |   | Hasil Workshop Dampak |
|   |                                      | 0                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 0      | 1 | 2 | 3 | 4  | a                          | b | c | d | e |                                  | a               | b | c | d | e |                       |
| 1   | Resetting Karakteristik impedansi    |                   |   |   | v |   |        |   |   | v |  | 2                          | 1 | 2 | 2 | 2 | 2                                | 4               | 4 | 3 | 2 | 3 | 3,1                   |
| 2   | Aktivasi weak infeed                 |                   |   |   | v |   |        |   |   |   | v  | 3                          | 1 | 3 | 2 | 2 | 2,3                              | 4               | 4 | 4 | 4 | 4 | 4                     |
| 3   | Mengubah TOR block AR ke initiate AR |                   |   |   | v |   |        |   |   |   | v  | 3                          | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,3                              | 3               | 3 | 3 | 2 | 1 | 2,5                   |
| 4   | Penggantian Relay LCD                |                   | v |   |   |   |        |   |   |   | v  | 1                          | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,6                              | 4               | 4 | 3 | 3 | 4 | 3,6                   |
| 5   | Resetting time sync                  |                   |   | v |   |   |        |   |   |   | v  | 3                          | 2 | 3 | 2 | 4 | 2,6                              | 2               | 1 | 2 | 2 | 1 | 1,6                   |
| <b>Tingkat Kemudahan : 0 = Sangat Sulit, 1 = Sulit, 2 = Sedang, 3 = Mudah, 4 = Sangat Mudah</b>                                   |                                      |                   |   |   |   |   |        |   |   |   | <b>Tingkat Dampak : 0 = Tidak Berdampak, 1 = Kurang Berdampak, 2 = Sedang, 3 = Berdampak, 4 = Sangat Berdampak</b> |                            |   |   |   |   |                                  |                 |   |   |   |   |                       |
| <b>Person : a = Manager UPT, b = Asman Bagian RENEV, c = TL Diagnosa dan Pengelolaan data, d = TL Enjiniring, e = TL Proteksi</b> |                                      |                   |   |   |   |   |        |   |   |   |  |                            |   |   |   |   |                                  |                 |   |   |   |   |                       |

Nilai hasil workshop tingkat kemudahan dan dampak merupakan nilai rata-rata dari penjumlahan penilaian mandiri dan penilaian manajemen kemudian dari nilai tersebut dibuat acuan untuk pembuatan matriks prioritas sehingga didapatkan seperti terlihat pada Gambar 3.3.

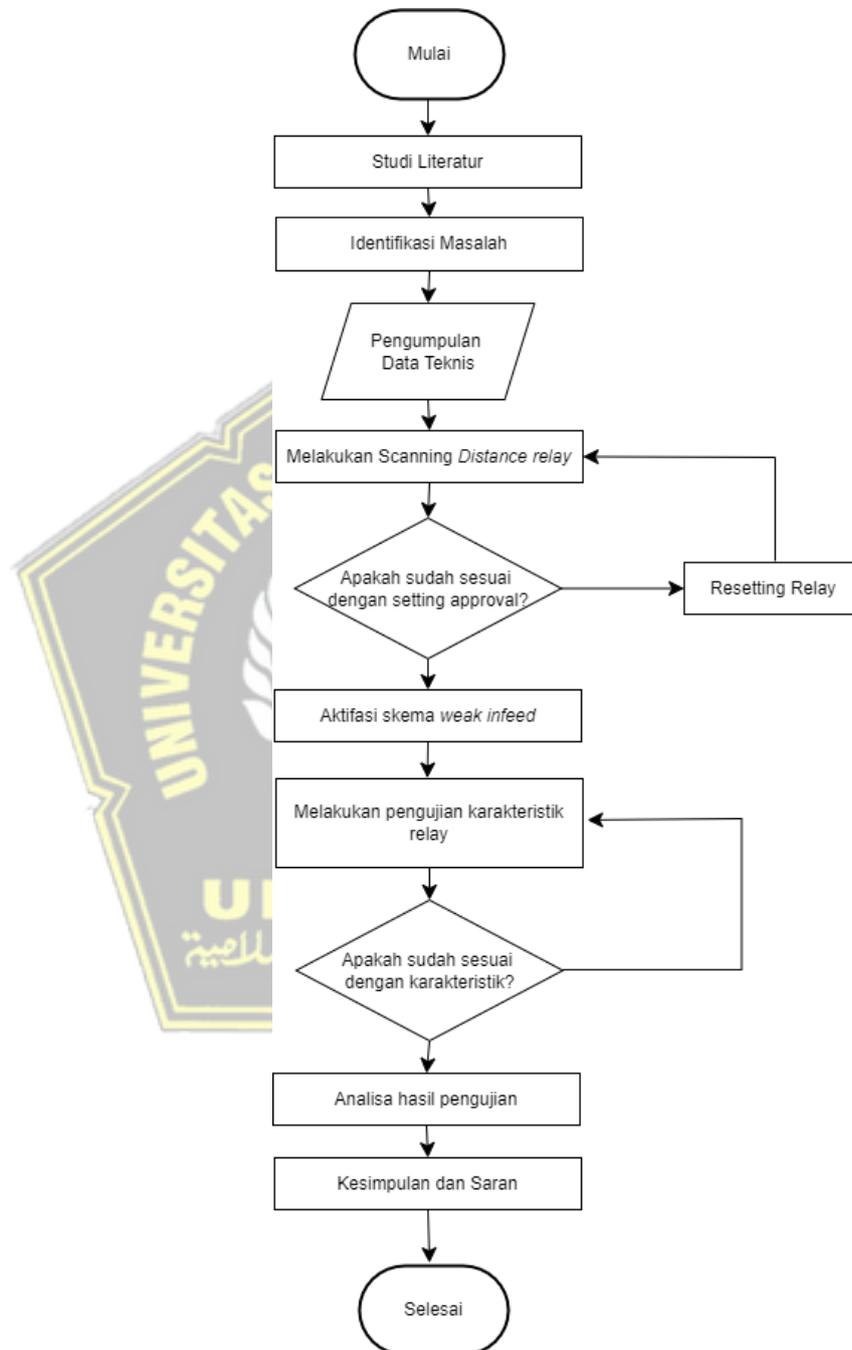


Gambar 3. 3 Matriks Prioritas

Berdasarkan matriks prioritas pada gambar 3.3 dapat dilihat bahwa solusi (1) dan (4) adalah solusi yang layak dilakukan. Solusi ini menjadi layak karena hanya perlu dilakukan usaha dengan tingkat dampak yang cukup besar. Namun, pada laporan ini, pembahasan hanya akan fokus pada solusi (2). Sedangkan (3) dan (4) tidak dilakukan saat ini karena memberikan dampak sedang dan kurang berdampak dengan usaha yang sedang.

### 3.6. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, gambar 3.4 menunjukkan alur penelitian atau *flowchart* berikut



Gambar 3. 4 Flowchart Penelitian

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 3.4 berikut ini merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan.

1. Tahap pertama

Pada tahap pertama ini dilakukan studi literatur dan identifikasi permasalahan yang ada dimana pada tahap ini

2. Tahap kedua

Pada tahap kedua adalah pengumpulan data serta melakukan scanning relay yang berfungsi untuk memastikan apakah parameter-parameter setting relay pada GI tersebut sudah sesuai dengan approval dari induk UIP3B Kalimantan.

3. Tahap ketiga

Pada tahap ketiga dilakukan perubahan berupa aktifasi POTT ECHO dengan *weak infeed* .

4. Tahap keempat

Pada tahap ini dilakukan pengujian karakteristik *distance relay* dengan mensimulasikan beberapa gangguan.

5. Tahap kelima

Pada tahap ini dilakukan analisa dari hasil pengujian karakteristik dan penerapan skema proteksi yang baru apakah sudah sesuai dengan prosedur atau tidak.

6. Tahap keenam

Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil analisa kemudian merumuskan beberapa usulan dan saran yang bisa diterapkan pada masa yang akan datang.

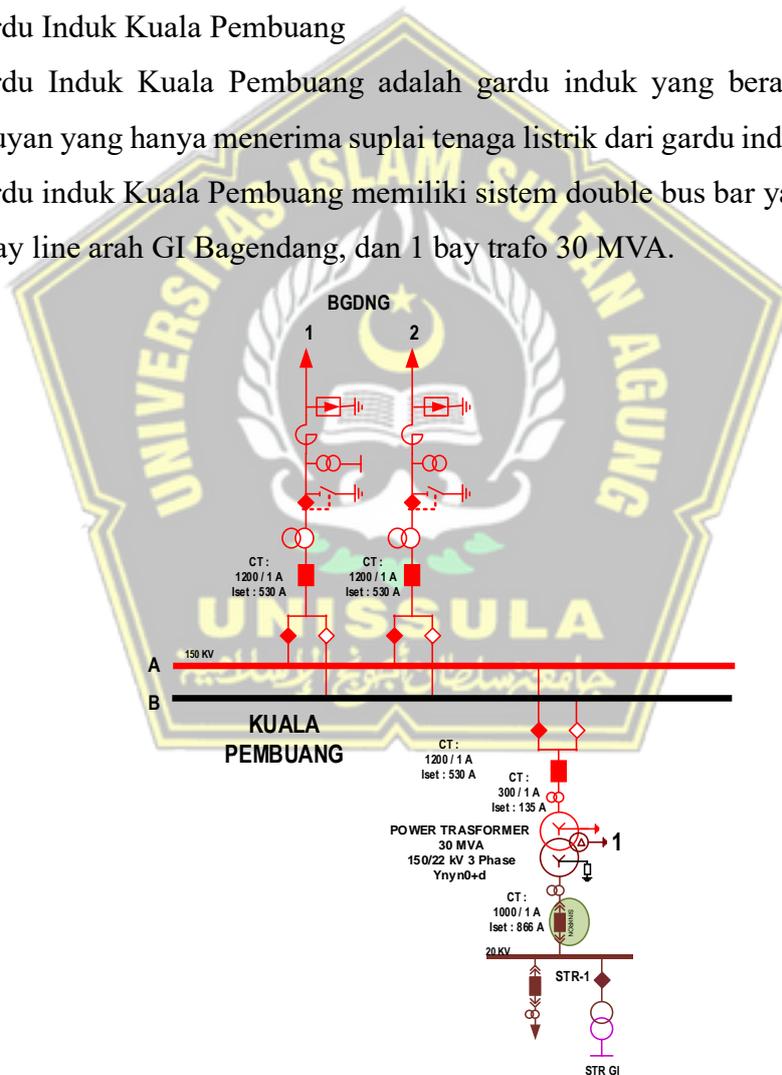
## BAB IV DATA DAN ANALISA

### 4.1. Data Gardu Induk Ujung di wilayah ULTG Pangkalan Bun

Wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun memiliki tiga gardu induk pada sistem radial ujung. Ketiga gardu induk ini hanya menerima suplai listrik dari satu sumber tanpa adanya backup, sehingga rentan terhadap gangguan, khususnya dalam situasi weak infeed. berikut merupakan penjelasan dari ketiga GI tersebut.

#### 1. Gardu Induk Kuala Pembuang

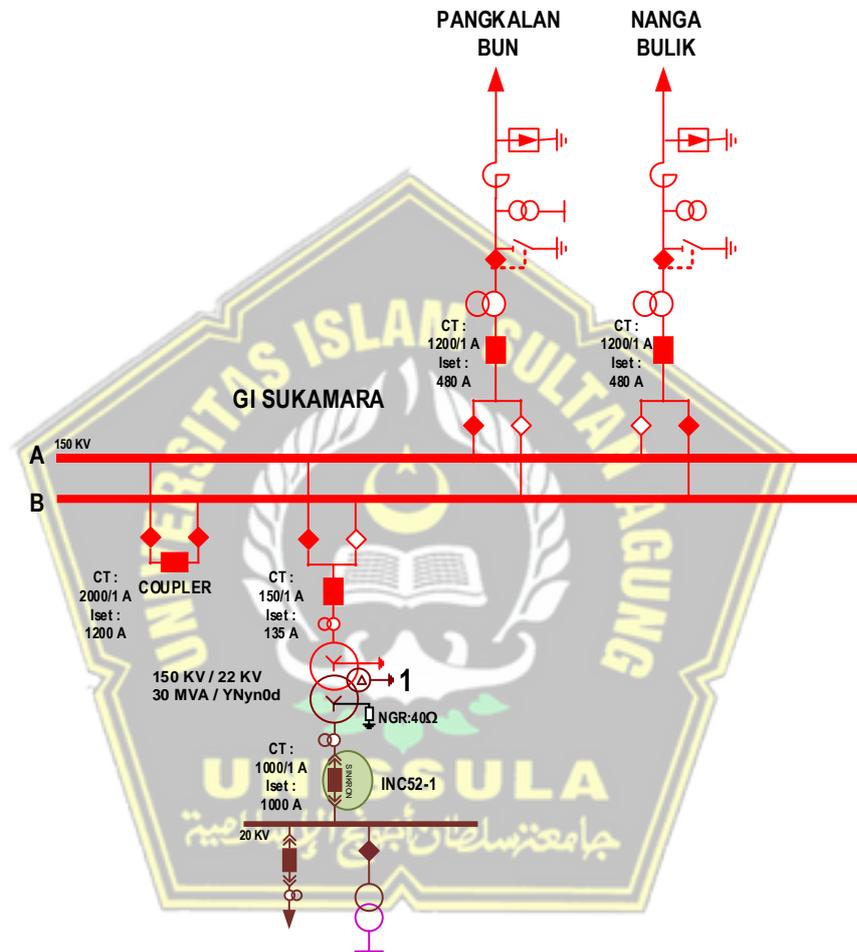
Gardu Induk Kuala Pembuang adalah gardu induk yang berada di wilayah seruyan yang hanya menerima suplai tenaga listrik dari gardu induk bagendang. Gardu induk Kuala Pembuang memiliki sistem double bus bar yang terdiri dari 2 bay line arah GI Bagendang, dan 1 bay trafo 30 MVA.



Gambar 4. 1. Single Line Diagram GI Kuala Pembuang  
(Sumber : PT.PLN (Persero) UP2B KSKT, 2024)

## 2. Gardu Induk Sukamara

Gardu Induk Sukamara adalah gardu induk yang digunakan untuk menyuplai energi listrik pada kabupaten sukamara yang hanya menerima suplai tenaga listrik dari GI Pangkalan Bun. Gardu induk Sukamara memiliki sistem double bus bar yang terdiri dari 2 bay line, 1 bay trafo 30 MVA, dan 1 bay coupler



Gambar 4. 2. Single Line Diagram GI Sukamara  
(Sumber : PT.PLN (Persero) UP2B KSKT, 2024)

## 3. Gardu Induk Nangabulik

Gardu Induk Nangabulik adalah gardu induk yang digunakan untuk menyuplai energi listrik pada kabupaten Lamandau yang hanya menerima suplai tenaga listrik dari GI Pangkalan Bun. Gardu induk Nangabulik memiliki sistem double bus bar yang terdiri dari 2 bay line, 1 bay trafo 30 MVA, dan 1 bay coupler.



#### 4.2.Data spesifikasi dan setting *distance relay*

Relay yang digunakan di ketiga gardu induk adalah tipe ABB RED670.

Berikut adalah gambar dan spesifikasi teknis dari relay ABB RED670.



Gambar 4. 4. Relay ABB RED670  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Tabel 4. 1 Spesifikasi Relay ABB RED670 di ketiga GI Ujung ULTG Pangkalan Bun

| No. | Gardu Induk       | Merk | Tipe   | CT Ratio | PT Ratio   | S/N      |
|-----|-------------------|------|--------|----------|------------|----------|
| 1   | Kuala<br>Pembuang | ABB  | RED670 | 1200/1   | 150000/100 | T1911128 |
|     |                   |      |        |          |            | T1911129 |
| 2   | Sukamara          | ABB  | RED670 | 1200/1   | 150000/100 | T1911087 |
|     |                   |      |        |          |            | T1911088 |
| 3   | Nangabulik        | ABB  | RED670 | 1200/1   | 150000/100 | T1940026 |
|     |                   |      |        |          |            | T1940027 |

Spesifikasi reley pada ketiga GI ujung yaitu kuala pembuang, nangabulik, dan sukamara menggunakan relay ABB RED670, memiliki CT ratio 1200/1, yang mengonversi arus primer sebesar 1200A menjadi 1 A di sisi sekunder untuk pengolahan relay. PT ratio 150000/100 digunakan untuk menurunkan tegangan tinggi (150kV) menjadi 100V. Spesifikasi yang sama di ketiga gardu induk memberikan konsistensi proteksi dan mempermudah koordinasi serta pemeliharaan sistem proteksi, selain itu ketiga spesifikasi relay yang sama ini mempermudah dalam penerapan setting skema weak infeed karena langkah-langkah metode dan setting yang diterapkan hampir sama. Berikut merupakan tabel setting relay sebelum dan sesudah aktivasi weak infeed

Tabel 4. 2.Data setting relay sebelum aktivasi weak infeed

| No                       | Fungsi     | Keterangan             | Setting   |  |
|--------------------------|------------|------------------------|---|--|
| <b>GI Kuala Pembuang</b> |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | OFF   |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive UR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                                |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Forward<br>= 71.42<br>= 24.07<br>= 178.96<br>= 58.82<br>= 163.40<br>= On |
| <b>GI Sukamara</b>       |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | OFF   |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive UR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                                |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Forward<br>= 42.17<br>= 9.48<br>= 235.83<br>= 78.44<br>= 180.42<br>= On  |
| <b>GI Nangabulik</b>     |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | OFF   |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive UR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                                |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Forward<br>= 46.95<br>= 10.56<br>= 262.54<br>= 87.33<br>= 157.46<br>= On |

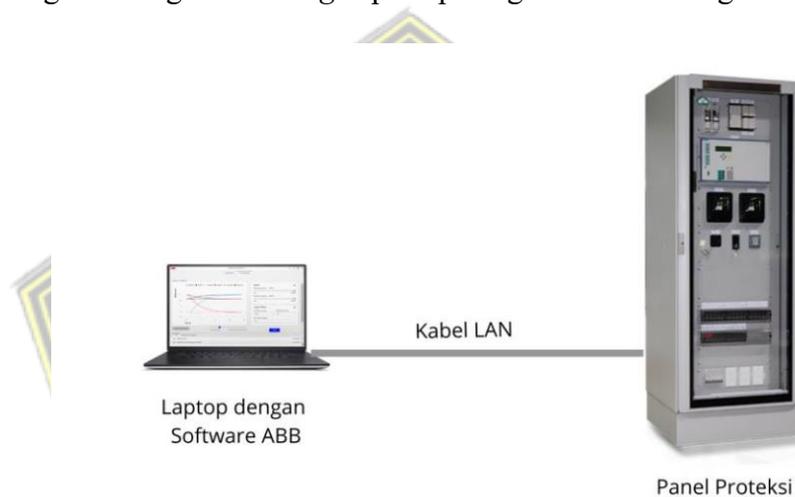
Tabel 4. 3. Data setting relay sesudah aktivasi weak infeed

| No                       | Fungsi     | Keterangan             | Setting   |  |
|--------------------------|------------|------------------------|---|--|
| <b>GI Kuala Pembuang</b> |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | ON  |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive OR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                              |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Reverse<br>= 13.39<br>= 4.51<br>= 33.56<br>= 11.03<br>= 163.40<br>= On |
| <b>GI Sukamara</b>       |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | ON  |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive OR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                              |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Reverse<br>= 11.14<br>= 8.82<br>= 62.32<br>= 20.73<br>= 180.42<br>= On |
| <b>GI Nangabulik</b>     |            |                        |   |  |
| 1.                       | ZCRWPSCH   | Kode untuk weak infeed | ON  |  |
| 2.                       | ZCPSCH     | Skema logic komunikasi | Set Operation<br>Set Scheme<br>Set tCoord<br>Set tSendMin | = on<br>= Permissive OR<br>= 0 ms<br>= 0.1s                              |
| 3.                       | ZMQAPDIS:3 | Setting zone 3         | Operation<br>X1<br>R1<br>X0<br>R0<br>RFPE<br>OperationPE  | = Reverse<br>= 10.10<br>= 7.99<br>= 56.49<br>= 18.79<br>= 157.46<br>= On |

### 4.3. Proses Penerapan Setting Skema Weak Infeed

Berdasarkan pilihan solusi dari analisis RCPS dan matriks prioritas pada gambar 3.2 dan gambar 3.3. Dengan menggunakan solusi *resetting* dan aktivasi *weak infeed* yang mana solusi tersebut diterapkan pada setiap GI ujung di wilayah kerja ULTG Pangkalan Bun.

Proses *setting* skema *weak infeed* dilakukan dengan menggunakan laptop yang telah terinstal *software* ABB (PCM600) dan melakukan proses aktivasi skema *weak infeed* dengan konfigurasi *wiring* seperti pada gambar 4.5 sebagai berikut.

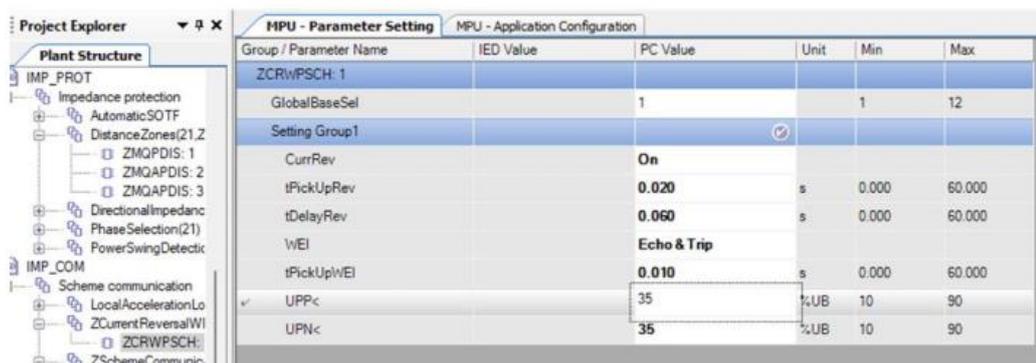


Gambar 4. 5. Konfigurasi wiring proses resetting

Pada konfigurasi *wiring*, laptop yang sudah terinstal *software* ABB (PCM600) disambungkan ke relay pada panel dengan menggunakan kabel LAN/RJ45 untuk dilakukan *resetting relay*. Untuk mengkonfigurasi fungsi Weak End Infeed (dengan) dengan opsi “Echo & Trip” dan mengubah skema proteksi dari *permissive underreach transfer trip* (PUTT) menjadi *permissive overreach transfer trip* (POTT), berikut adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan.

#### 1. Mengaktifkan dan Mengkonfigurasi WEI

Pengaktifan WEI : melakukan set parameter WEI ke “Echo & Trip”. Ini akan memastikan bahwa sinyal yang diterima akan di-echo (dikirim kembali) dan dapat memicu pemutus di sisi yang lemah. Pada gambar 4.6. merupakan display software ABB dalam ketika mengaktifkan weak infeed.



Gambar 4. 6. Pengaktifan WEI pada Software ABB (PCM600)

Berikut adalah penjelasan lebih detail terkait pengaturan aktivasi Weak-End Infeed (WEI) berdasarkan gambar 4.6

Pengaturan Umum WEI dalam Parameter:

- Pengaturan WEI melalui Project Explorer dalam perangkat lunak PCM600, di mana fungsi WEI termasuk dalam *ZCRWPSCH (Current Reversal and Weak-End Infeed logic)*.
- Dalam tabel MPU - Parameter Setting, terdapat beberapa parameter penting yang perlu disesuaikan.

Penjelasan Parameter:

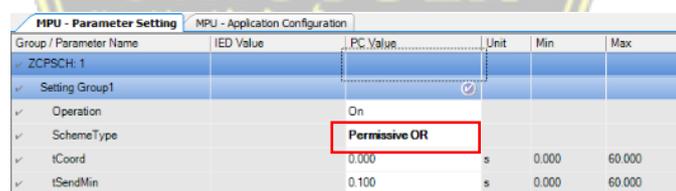
- **Setting Group1:** Menunjukkan bahwa konfigurasi yang aktif Group 1.
- **CurrRev (Current Reversal):** Disetel ke "On," yang berarti logika pembalikan arus diaktifkan. Ini penting untuk menangani kondisi di mana arus dapat berubah arah secara tiba-tiba karena gangguan.
- **tPickUpRev (Time for Current Reversal Pickup):** Disetel ke 0,020 detik. Ini adalah waktu tunda untuk mendeteksi arus yang berbalik, sehingga proteksi tidak bereaksi pada perubahan kecil yang bersifat sementara.
- **tDelayRev (Time Delay for Current Reversal):** Disetel ke 0,060 detik. Ini adalah waktu tunda tambahan setelah arus berbalik sebelum logika mulai bekerja.
- **WEI (Weak-End Infeed):** Disetel ke "Echo & Trip," yang berarti perangkat akan mengirim ulang sinyal yang diterima dan dapat memicu pemutus jika

tegangan rendah terdeteksi. Ini memastikan perlindungan yang andal di lokasi dengan sumber daya lemah.

- **tPickUpWEI (*Time for WEI Pickup*):** Disetel ke 0,010 detik. Ini adalah waktu tunda sebelum fungsi WEI diaktifkan, yang memungkinkan sedikit waktu untuk stabilisasi sinyal.
- **UPP< dan UPN< (*Voltage Thresholds*):** Disetel ke 35% UB. Ini adalah ambang batas tegangan untuk mendeteksi kondisi tegangan rendah yang mengindikasikan gangguan. Nilai 35% UB menunjukkan bahwa ketika tegangan turun di bawah 35% dari tegangan dasar sistem, fungsi WEI akan diaktifkan.

## 2. Mengkonfigurasi Skema dari PUTT menjadi POTT

Perbedaan skema POTT dengan PUTT yaitu untuk POTT elemen yang mengirim sinyal teleproteksi adalah elemen overreaching (pickup zone 2) sedangkan PUTT menggunakan elemen underreaching (pickup zone 1). Karena elemen overreaching menjangkau seluruh penghantar (min. 120% panjang penghantar), maka untuk gangguan di sepanjang penghantar sinyal carrier akan dikirimkan oleh distance relay di GI Sumber. Skema POTT akan bekerja jika relay merasakan zone 2 dan menerima sinyal carrier dari GI lawan.



| Group / Parameter Name | IED Value | PC Value      | Unit | Min   | Max    |
|------------------------|-----------|---------------|------|-------|--------|
| ✓ ZCPSC: 1             |           |               |      |       |        |
| ✓ Setting Group1       |           |               |      |       |        |
| ✓ Operation            |           | On            |      |       |        |
| ✓ SchemeType           |           | Permissive OR |      |       |        |
| ✓ tCoord               |           | 0.000         | s    | 0.000 | 60.000 |
| ✓ tSendMin             |           | 0.100         | s    | 0.000 | 60.000 |

Gambar 4. 7. Perubahan Skema Setting PUTT menjadi POTT

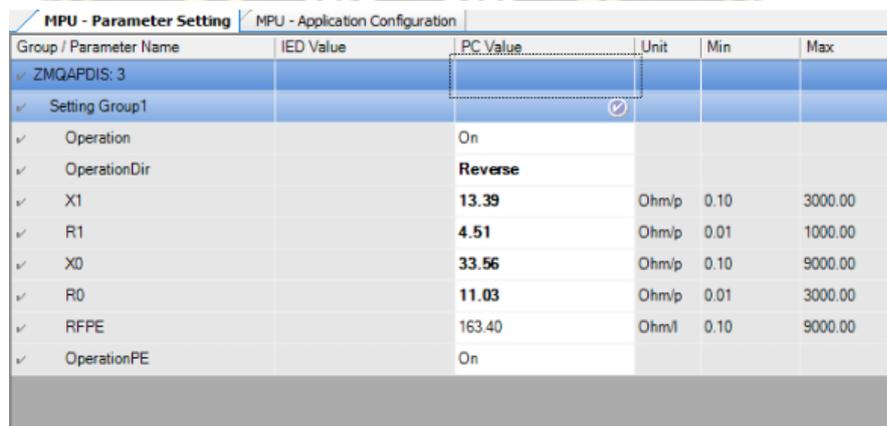
Adapun penjelasan Konfigurasi POTT (Permissive OR) yaitu :

- **Operation:** Set parameter Operation ke "On" untuk mengaktifkan logika POTT.
- **SchemeType:** Dilakukan perubahan ke "Permissive OR". Ini berarti skema proteksi akan mengirimkan sinyal carrier ketika terjadi gangguan di Zone 2.

- **tCoord:** Waktu koordinasi diatur ke 0,000 detik. Ini berarti tidak ada penundaan tambahan dalam memproses logika permissive.
- **tSendMin:** Ini diatur ke 0,100 detik. Waktu ini adalah minimum tunda untuk mengirim sinyal permissive, memastikan bahwa gangguan terdeteksi dengan benar sebelum sinyal dikirim.

3. Melakukan resetting distance zone 3 menjadi 30% line dengan mode reverse (untuk blocking weak infeed)

Menggunakan 30% dari panjang saluran untuk *Zone 3* adalah praktik umum dalam skema proteksi dengan *Weak-End Infeed*. Ini memberikan proteksi yang cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan di arah reverse, tetapi tidak terlalu luas sehingga memicu operasi trip yang tidak diperlukan.



| Group / Parameter Name | IED Value | PC Value | Unit  | Min  | Max     |
|------------------------|-----------|----------|-------|------|---------|
| ✓ ZMQAPDIS: 3          |           |          |       |      |         |
| ✓ Setting Group1       |           |          |       |      |         |
| ✓ Operation            |           | On       |       |      |         |
| ✓ OperationDir         |           | Reverse  |       |      |         |
| ✓ X1                   |           | 13.39    | Ohm/p | 0.10 | 3000.00 |
| ✓ R1                   |           | 4.51     | Ohm/p | 0.01 | 1000.00 |
| ✓ X0                   |           | 33.56    | Ohm/p | 0.10 | 9000.00 |
| ✓ R0                   |           | 11.03    | Ohm/p | 0.01 | 3000.00 |
| ✓ RFPE                 |           | 163.40   | Ohm/l | 0.10 | 9000.00 |
| ✓ OperationPE          |           | On       |       |      |         |

Gambar 4. 8. Konfigurasi Setting Zone 3

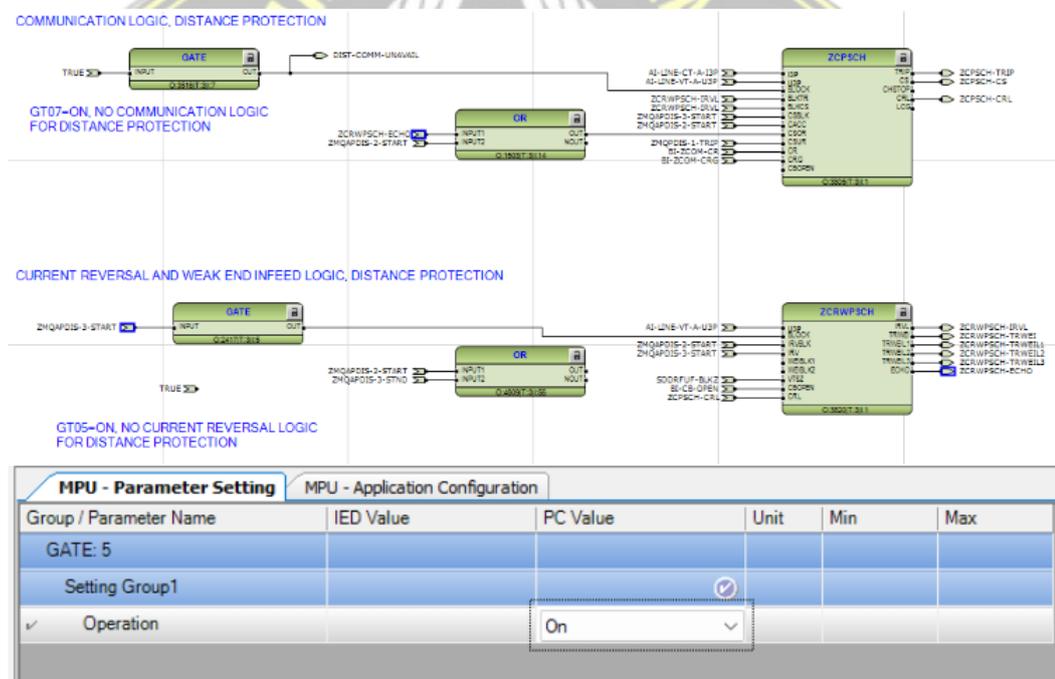
Adapun penjelasan terkait resetting distance zone 3 adalah sebagai berikut :

- **Operation:** Disetel ke "On," yang berarti proteksi untuk Zone 3 diaktifkan.
- **OperationDir (Direction):** Diatur ke "Reverse," yang berarti Zone 3 akan memantau gangguan yang terjadi di arah belakang (reverse) saluran. Ini berguna untuk melindungi terhadap gangguan yang datang dari sisi belakang sistem.

- **X1, R1, X0, R0:** Parameter ini mewakili impedansi zona proteksi. Nilai-nilai ini dihitung berdasarkan panjang saluran dan persentase cakupan zona yang diinginkan.

#### 4. Mengubah logic weak infeed

Langkah berikutnya adalah mengubah logika weak infeed. Pada perubahan ini, Zone 3 yang sebelumnya digunakan untuk memulai proteksi diubah menjadi fungsi untuk pemblokiran (*blocking*) gangguan yang tidak terdeteksi di GI ujung (yang lemah) dan menggantinya dengan sinyal echo. Sinyal echo ini kemudian digunakan sebagai input untuk skema proteksi jarak jauh (POTT), sehingga relay di GI sumber tetap bisa bekerja dengan baik meskipun relay di GI ujung tidak mendeteksi gangguan secara langsung.



Gambar 4. 9. Konfigurasi Logic Weak Infeed

Dari gambar 4.9 berikut merupakan penjelasan terperinci tentang perubahan logic weak infeed dan bagaimana sinyal-sinyal dikonfigurasi:

*a. Communication Logic for Distance Protection*

- **Blok GATE:** Digunakan untuk mengatur logika komunikasi proteksi jarak. Sinyal yang masuk ke blok GATE dikontrol berdasarkan status komunikasi, seperti  $GT07=ON$ , yang berarti logika ini diaktifkan ketika tidak ada logika komunikasi untuk proteksi jarak.
- **Blok OR:** Menggabungkan sinyal dari fungsi Zone 3 Start dan sinyal dari blok ZCRWPSCH. Output dari blok OR dikirim ke logika proteksi jarak untuk memproses lebih lanjut apakah diperlukan tindakan trip atau tidak.
- **Blok ZCRWPSCH (Current Reversal and Weak-End Infeed Logic):** Sinyal dari logika WEI diproses di sini, di mana fungsi ini bertanggung jawab untuk memastikan bahwa sinyal trip hanya dikirim jika kondisi tertentu dipenuhi, seperti deteksi tegangan rendah atau sinyal permissive diterima. Output dari blok ini, seperti sinyal TRIP dan sinyal echo, digunakan dalam skema proteksi jarak.

*b. Current Reversal and Weak-End Infeed Logic for Distance Protection*

- **Blok GATE ( $GT05=ON$ ):** Mengatur logika untuk memastikan bahwa pembalikan arus atau logika WEI diaktifkan. Ketika  $GT05=ON$ , logika ini menunjukkan bahwa tidak ada logika pembalikan arus untuk proteksi jarak yang diaktifkan.
- **Blok OR:** Menggabungkan sinyal Zone 3 Start dan sinyal Weak-End Infeed Echo. Output dari blok OR dikirim ke logika proteksi jarak (ZCRWPSCH), yang kemudian menentukan apakah kondisi untuk mengirim sinyal permissive atau trip telah terpenuhi.

c. *Blok ZCRWPSCH (Current Reversal and Weak-End Infeed Logic)*

Input dan Output:

- **UP:** Tegangan fasa-ke-fasa yang digunakan untuk mendeteksi kondisi tegangan rendah.
- **BRK:** Sinyal status pemutus yang digunakan dalam logika WEI.
- **CRL:** Sinyal pembalikan arus (current reversal logic).
- **OUT:** Output sinyal yang menentukan apakah proteksi harus diaktifkan atau tidak.
- **Echo:** Sinyal yang digunakan untuk mengizinkan proteksi jarak di ujung lain mengirimkan trip, meskipun di lokasi lemah arus gangguan rendah.

d. *MPU - Parameter Setting*

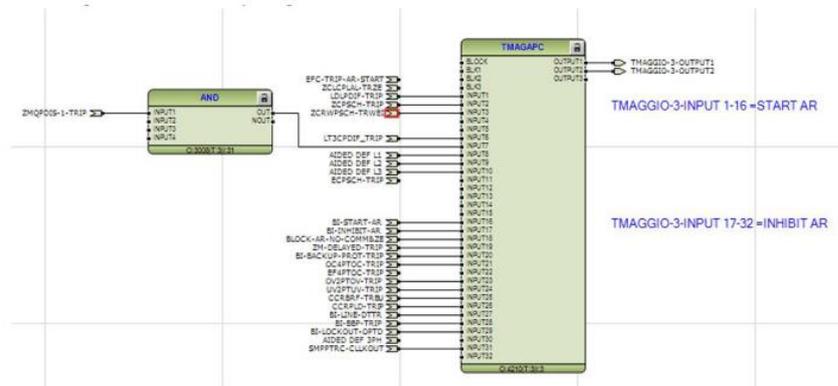
- **GATE: 5:** Menunjukkan bahwa konfigurasi logika GATE diatur untuk mengaktifkan logika pembalikan arus dan WEI dengan pengaturan grup 5.
- **Operation:** Disetel ke "On", yang berarti logika ini diaktifkan untuk beroperasi.

e. *Penjelasan Perubahan Logika*

- **Perubahan Sinyal Zone 3 Start:** Dalam konfigurasi ini, sinyal Zone 3 Start tidak langsung digunakan untuk trip, tetapi digunakan bersama dengan logika WEI. Hal ini memastikan bahwa trip hanya dilakukan jika sinyal permissive diterima atau jika tegangan rendah terdeteksi di lokasi lemah.
- **Sinyal Echo dalam Skema POTT:** Sinyal Echo dari WEI dikirim ke skema POTT untuk memastikan proteksi tetap bekerja meskipun arus gangguan rendah di ujung lemah. Ini memberikan lapisan tambahan keamanan dan keandalan dalam pengoperasian proteksi.

## 5. Mengkonfigurasi logic autoreclose (AR)

Melakukan pengaktifan mode logic autoreclose (AR) dengan modif logic AR trip fungsi *weak infeed* seperti pada gambar 4.10

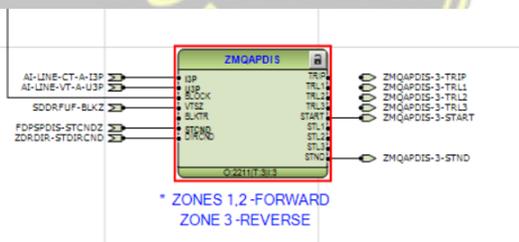


Gambar 4. 10. Konfigurasi Logic Autorecloser (AR)

Konfigurasi autoreclose diatur menggunakan blok TMAGAPC, yang berfungsi untuk autoreclose. Input START AR (1-16) diaktifkan ketika sinyal trip dari proteksi jarak atau kondisi lainnya terpenuhi. Sebagai contoh, sinyal trip yang telah diproses oleh logika WEI diteruskan ke input ini untuk memulai siklus autoreclose.

## 6. Mengkonfigurasi logic zone 3

Pada logic zone 3 dilakukan konfigurasi dengan menghapus semua trip dan menyisakan Z3 start untuk input blocking *weak infeed*.



Gambar 4. 11. Konfigurasi Logic Zone 3

Dengan menghapus semua sinyal trip dan hanya menyisakan Zone 3 Start, digunakan untuk menghindari operasi proteksi yang tidak perlu di area yang seharusnya tidak dilindungi secara langsung oleh Zone 3. Sebaliknya, sinyal Zone 3 Start digunakan untuk meningkatkan keandalan proteksi melalui logika WEI.

#### 4.4. Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui hasil dari resetting dan aktivasi skema weak infeed berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan optimal dalam memproteksi gangguan. Rangkaian pengujian dilakukan seperti pada gambar 3.1. adapun proses pengujiannya adalah seperti pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12. Proses Pengujian Relay  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam pengujian relay ini dilakukan pengujian intertrip GI Sumber dan GI Ujung. Pengujian ini dilakukan dengan cara injeksi arus dan tegangan yang nantinya dikonversi alat menjadi impedansi. Lalu memasukkan impedansi setting relay yang terpasang pada setiap zona relay untuk mengetahui apakah relay bisa mentripkan PMT atau tidak.

- a. Injeksi Impedansi Zona 1 (Phase-Netral). Relay akan muncul indikasi ZONE 1 TRIP, fasa yang terjadi gangguan Ph R-N/ Ph S-N / Ph T-N, Kemudian relay jarak akan mentripkan PMT 1 fasa saja sesuai gangguan yang terjadi R/S/T, karena fungsi autoreclose aktif maka PMT akan close kembali 1 fasa sesuai gangguan yang terjadi dan ditandai dengan indikasi AR Succes.
- b. Injeksi Impedansi Zone 1 (Phase-Phase). Relay akan muncul indikasi ZONE 1, fasa yang terjadi gangguan Ph R-S/ Ph S-T/Ph T-R, dan AR Succes. Kemudian relay akan mentripkan PMT 3 fasa R-S-T bersamaan, dan karena fungsi autoreclose aktif maka PMT akan close kembali 3 fasa yang juga ditandai dengan indikasi AR Succes.

- c. Injeksi Impedasi POTT+Zone 2 (Phase-Netral). Relay akan muncul indikasi ZONE 2 AIDED TRIP, fasa yang terjadi gangguan Ph R-N/ S-N/ T-N. Kemudian relay jarak akan mentriapkan 1 fasa saja sesuai dengan gangguan yang terjadi R/S/T. Untuk gangguan pada zone 2 + POTT meskipun gangguan pada zone 2 PMT tetap bisa reclose karena relay dapat kiriman sinyal dari relay lawan.
- d. Injeksi Impedasi POTT+Zone 2 (Phase-Phase). Relay akan muncul indikasi ZONE 2 AIDED TRIP, fasa yang terjadi gangguan Ph R-S/ S-T/ T-R. Kemudian relay jarak akan mentriapkan 3 fasa R-S-T bersamaan. Untuk gangguan pada zone 2 + POTT meskipun gangguan pada zone 2 PMT tetap bisa reclose karena relay dapat kiriman sinyal dari relay lawan.
- e. Fungsi PMT Open dalam pengujian digunakan untuk mensimulasikan kondisi dimana PMT di GI lawan tidak terlibat secara langsung dalam operasi proteksi. Dengan kondisi ini pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa relay di GI Sumber tetap dapat mendeteksi gangguan, mengeluarkan perintah trip, dan menjalankan fungsi autoreclose (AR) dengan benar, tanpa bantuan PMT GI lawan. Selain itu pada kondisi ini diperlukan untuk memverifikasi bahwa komunikasi antar relay, seperti sinyal echo, tetepa berjalan lancar dan terkoordinasi meskipun ada perbedaan dalam status PMT di kedua sisi gardu induk.
- f. Pengujian PMT Close + Z3 Phase-Netral maupun Z3 Phase-Phase, relay harus selektif karena sesuai setting yang sudah diterapkan yakni ketika terjadi gangguan di zone 3 maka relay berfungsi untuk memblokir operasi trip. Sebaliknya pada saat pengujian PMT Close + Not Z3 Phase-Netral maupun Phase-Phase relay harus langsung dapat memicu trip untuk gangguan di zona 1 atau zona 2.

berikut merupakan hasil dari proses pengujian intertrip yang dilakukan di GI Ujung Kuala Pembuang, Nangabulik, dan Sukamara sehingga didapatkan hasil pengujian seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Hasil Simulasi Pengujian

| No  | Simulasi<br>GI (A) | Simulasi<br>GI (B)                | TRIP<br>PMT |         | A/R     |         | Indikasi                           | KET<br>(ECHO) |
|-----|--------------------|-----------------------------------|-------------|---------|---------|---------|------------------------------------|---------------|
|     |                    |                                   | GI<br>A     | GI<br>B | GI<br>A | GI<br>B |                                    |               |
| 1.  | Z1<br>PH-N         | PMT<br>Open                       | ✓           | N/A     | ✓       | N/A     | ZONE 1 TRIP PH-N                   | OK            |
| 2.  | Z1<br>PH-PH        | PMT<br>Open                       | ✓           | N/A     | ✓       | N/A     | ZONE 1 TRIP PH-PH                  | OK            |
| 3.  | POTT Z2<br>PH-N    | PMT<br>Open                       | ✓           | N/A     | ✓       | N/A     | ZONE 2 AIDED<br>TRIP PH-N          | OK            |
| 4.  | POTT Z2<br>PH-PH   | PMT<br>Open                       | ✓           | N/A     | ✓       | N/A     | ZONE 2 AIDED<br>TRIP PH-PH         | OK            |
| 5.  | POTT Z2<br>PH-N    | PMT<br>Close +<br>Z3<br>PH-N      | ✗           | ✗       | ✗       | ✗       | PICK UP PH-N                       | BLOCK         |
| 6.  | POTT Z2<br>PH-PH   | PMT<br>Close +<br>Z3<br>PH-PH     | ✗           | ✗       | ✗       | ✗       | PICK UP PH-PH                      | BLOCK         |
| 7.  | POTT Z2<br>PH-N    | PMT<br>Close +<br>NOT Z3<br>PH-PH | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | Z2 AIDED TRIP<br>PH-N              | OK            |
| 8.  | POTT Z2<br>PH-PH   | PMT<br>Close +<br>NOT Z3<br>PH-PH | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | Z2 AIDED TRIP<br>PH-PH             | OK            |
| 9.  | Z1<br>PH-N         | PMT<br>Close +<br>Z3<br>PH-N      | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | Z1 TRIP PH-N                       | BLOCK         |
| 10. | Z1<br>PH-PH        | PMT<br>Close +<br>Z3<br>PH-PH     | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | Z1 TRIP PH-PH                      | BLOCK         |
| 11. | Z1<br>PH-N         | PMT<br>Close +<br>NOT Z3<br>PH-PH | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | ZONE 1, ZONE 2<br>AIDED TRIP PH-N  | OK            |
| 12. | Z1<br>PH-PH        | PMT<br>Close +<br>NOT Z3<br>PH-PH | ✓           | ✗       | ✓       | ✗       | ZONE 1, ZONE 2<br>AIDED TRIP PH-PH | OK            |

Keterangan :

- POTT : *Permissive Overreach Transfer Trip*
- Z1, Z2, Z3 : *Zone 1, Zone 2, Zone 3*
- PH-N, PH-PH : *Phase to Netral, Phase to Phase*
- ECHO OK : *Permissive Overreach Send + Receive*
- ECHO BLOCK : *Permissive Overreach Send*

Berdasarkan tabel 4.4 hasil simulasi gangguan berikut merupakan penjelasan detail terkait hasil tersebut.

1. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Netral** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi open, relay di GI Sumber memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena gangguan berada di dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1. Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali satu fasa yang terganggu, yang ditandai dengan indikasi *AR Success*. Selain itu, dalam pengujian ini, fungsi echo juga berhasil beroperasi, memastikan komunikasi antar relay berjalan dengan baik
2. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Phase** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi open, relay di GI Sumber memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena gangguan berada di dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1. Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali tiga fasa yang terganggu, yang ditandai dengan indikasi *AR Success*. Selain itu, dalam pengujian ini, fungsi echo juga berhasil beroperasi, memastikan komunikasi antar relay berjalan dengan baik.
3. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Netral + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi open, relay di GI Sumber dapat memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena relay di GI Sumber menerima sinyal yang dipantulkan oleh relay di GI lawan, menunjukkan bahwa fungsi echo berhasil. sehingga fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali satu fasa yang terganggu.
4. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Phase + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi open, relay di GI Sumber dapat memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena relay di GI Sumber menerima sinyal yang dipantulkan oleh relay di GI lawan, menunjukkan bahwa fungsi echo berhasil. sehingga fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali ketiga fasanya.
5. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Netral + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, namun gangguan berada di **Zone 3** yang berfungsi sebagai zona blocking, relay tidak memicu trip. Sebaliknya,

relay berhasil memblokir gangguan tersebut, dan hanya memberikan indikasi *pick up* untuk phasa-netral. Ini menunjukkan bahwa relay berfungsi secara selektif, dan sesuai dengan setting yang diterapkan.

6. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Phase + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, namun gangguan berada di **Zone 3** yang berfungsi sebagai zona blocking, relay tidak memicu trip. Sebaliknya, relay berhasil memblokir gangguan tersebut, dan hanya memberikan indikasi *pick up* untuk phase-phase. Ini menunjukkan bahwa relay berfungsi secara selektif, dan sesuai dengan setting yang diterapkan.
7. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Netral + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, dan gangguan tidak berada di Zone 3 (sehingga tidak ada fungsi blocking yang aktif), relay di GI Sumber berhasil memicu trip. Hal ini memastikan bahwa gangguan di Zone 2 mendapatkan respon proteksi yang sesuai. PMT kemudian mentrip satu fasa yang terganggu kemudian fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali fasa yang terganggu.
8. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 2 Phase-Phase + POTT** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, dan gangguan tidak berada di Zone 3 (sehingga tidak ada fungsi blocking yang aktif), relay di GI Sumber berhasil memicu trip. Hal ini memastikan bahwa gangguan di Zone 2 mendapatkan respon proteksi yang sesuai. PMT kemudian mentrip tiga fasa kemudian fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali ketiga fasa bersamaan
9. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Netral** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, namun gangguan berada di **Zone 3** yang berfungsi sebagai zona blocking, relay di GI Sumber tetap memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena gangguan berada di dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1. Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali satu fasa yang terganggu. Namun, dalam skenario ini, fungsi sinyal echo diblokir, memastikan bahwa sinyal tersebut tidak dikirim atau diproses lebih lanjut, menjaga selektivitas dan keandalan sistem proteksi.

10. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Phase** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, namun gangguan berada di **Zone 3** yang berfungsi sebagai zona blocking, relay di GI Sumber tetap memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda karena gangguan berada di dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1. Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif dan PMT menutup kembali ketiga fasa secara bersamaan. Namun, dalam skenario ini, fungsi sinyal echo diblokir, memastikan bahwa sinyal tersebut tidak dikirim atau diproses lebih lanjut, menjaga selektivitas dan keandalan sistem proteksi.
11. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Netral** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, dan gangguan berada bukan di Zone 3, relay di GI Sumber tetap memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda. Hal ini terjadi karena gangguan berada dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1, Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif, dan PMT menutup kembali satu fasa yang terganggu. Keberhasilan fungsi sinyal echo ditunjukkan dengan adanya indikasi *Zone 1* dan *Zone 2 Aided*, menandakan bahwa komunikasi antar relay berjalan dengan baik dan proteksi tetap terkoordinasi secara efektif.
12. Ketika dilakukan injeksi impedansi **Zone 1 Phase-Phase** dengan kondisi PMT di GI Lawan dalam posisi close, dan gangguan berada bukan di Zone 3, relay di GI Sumber tetap memberikan respon trip instan tanpa waktu tunda. Hal ini terjadi karena gangguan berada dalam cakupan proteksi prioritas Zone 1, Setelah gangguan diatasi, fungsi *autoreclose* aktif, dan PMT menutup kembali ketiga fasa dan keberhasilan fungsi sinyal echo ditunjukkan dengan adanya indikasi *Zone 1* dan *Zone 2 Aided*, menandakan bahwa komunikasi antar relay berjalan dengan baik dan proteksi tetap terkoordinasi secara efektif.

Dari hasil tersebut konfigurasi *distance relay* yang diterapkan pada relay di GI Sumber berfungsi sesuai dengan pengaturan yang ditetapkan, baik dalam kondisi PMT di GI Lawan open maupun close. Ketika gangguan berada di dalam cakupan prioritas, seperti Zone 1, relay memberikan respon trip instan tanpa penundaan waktu, diikuti oleh keberhasilan fungsi *autoreclose* yang memastikan PMT menutup kembali fasa yang terganggu. Pada pengujian di Zone 2 dengan skema POTT, sinyal echo berfungsi dengan baik, menandakan komunikasi yang andal antara relay, sehingga proteksi tetap efektif dan terkoordinasi. Sementara itu, dalam kondisi gangguan yang berada di Zone 3, relay beroperasi secara selektif dengan memblokir operasi trip. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem proteksi yang diterapkan mampu memberikan respon yang cepat dan selektif, dengan koordinasi komunikasi yang terjaga, memenuhi tujuan untuk memastikan keamanan dan keandalan jaringan transmisi.

#### **4.5. Analisa Penerapan Skema POTT Echo dengan Weak Infeed pada distance relay**

Dengan dilakukan aktivasi Weak-End Infeed (WEI), sistem proteksi dapat secara signifikan menurunkan Transmission Line Outage Duration (TLOD). Hal ini terjadi karena fungsi WEI memastikan bahwa relay proteksi tetap dapat mendeteksi dan merespon gangguan dengan cepat, bahkan di gardu induk yang memiliki arus infeed lemah. Tanpa WEI, gangguan yang terjadi di ujung dengan sumber arus rendah berisiko tidak terdeteksi secara memadai, yang dapat memperpanjang durasi pemulihan karena relay mungkin gagal melakukan trip atau membutuhkan waktu lebih lama untuk bereaksi. Namun, dengan aktivasi WEI, relay dapat bekerja lebih andal, memberikan respon trip instan yang didukung oleh sinyal echo dari ujung lawan, yang memungkinkan fungsi *autoreclose* untuk aktif lebih cepat. Akibatnya, gangguan dapat diatasi dan saluran dipulihkan dalam waktu yang lebih singkat, sehingga TLOD dapat dikurangi secara efektif.

Jika dikaitkan dengan data gangguan yang terjadi pada tanggal 28 April 2024 karena adanya pengaruh fenomena weak infeed sehingga menyebabkan kedua PMT Trip di sisi GI Bagendang pada pukul 00:42 WIB dan berhasil dinormalkan pada

pukul 01:10 WIB. Kejadian ini menyebabkan GI Kuala Pembuang padam 3.08 MW selama 28 menit. Dengan aktivasi fungsi weak infeed dan penerapan skema POTT Echo kejadian seperti ini diharapkan tidak terjadi lagi dan relay dapat reclose sesuai dengan waktu setting yakni setelah 1000 ms. Dengan keberhasilan fungsi autoreclose, aktivasi WEI secara langsung meningkatkan kinerja keseluruhan sistem proteksi. Sistem menjadi lebih andal dalam mendeteksi dan mengatasi gangguan, sehingga meminimalkan dampak pemadaman pada pelanggan.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan dilakukannya aktivasi skema *POTT Echo* dengan fungsi *Weak-End Infeed (WEI)* secara signifikan meningkatkan keandalan sistem proteksi. Relay dapat memberikan respon trip instan, dan fungsi autoreclose dapat aktif setelah 1000ms sehingga dapat mengurangi durasi gangguan (*TLOD*) secara efektif.
2. Keberhasilan sinyal echo memastikan komunikasi yang andal antara relay di GI Sumber dan GI Lawan, mendukung koordinasi proteksi yang efisien. Ini memungkinkan relay untuk bekerja secara selektif, memblokir gangguan di Zone 3 yang tidak memerlukan tindakan trip.
3. Secara keseluruhan, penerapan WEI dan skema *POTT Echo* mengoptimalkan fungsi proteksi jarak, memastikan respon yang cepat dan terkoordinasi, serta memenuhi kebutuhan untuk menjaga keandalan jaringan transmisi 150 kV.

#### **5.2. Saran**

Sebaiknya dalam pemeliharaan rutin yang dilakukan 2 tahun sekali nanti dilakukan pengecekan dan pengujian ulang mengenai perubahan setting distance relay dan Apabila terdapat perubahan jalur transmisi untuk zona distance relay sebaiknya segera dilakukan update setting agar sistem proteksi sesuai dengan data terkini dan tetap andal dan bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT.PLN (Persero) P3B Jawa Bali, “Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali,” Jakarta, 2013.
- [2] J. Pitono, Implementasi Intertripping Pola Weak Infeed (WI) pada SUTT 150 kV Sistem Kelistrikan Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, Semarang: Universitas Diponegoro, 2011.
- [3] PT.PLN (Persero) UIP3B Sumatera, “Skema POTT Echo (Weak Infeed + CB Open) Distance Relay GE Type D60 Untuk Keandalan Autoreclose GI Radial Ujung - Segmen Line Charging,” Pekanbaru, 2019.
- [4] N. Rochmadi, “Resetting Teleproteksi Distance Relay Tipe MICOM P442 Merk Areva Bay Padalarang II di Gardu Induk 150 kV Bandung Utara,” Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2021.
- [5] N. Benedicta, Analisa Scanning Setting Proteksi Distance Relay pada Penghantar 150kV Gardu Induk Garuda Sakti ke Gardu Induk Balai Pungun, Pekanbaru: Buku Tugas Akhir UIN Suska Riau, 2021.
- [6] M. Ardianto, Analisa Sistem Proteksi Distance Relay SUTT GI Randu Garut Kaliwungu 1, Semarang: Universitas Semarang, 2021.
- [7] PT.PLN (Persero), “Berita Acara Penetapan Aset Tahun 2024,” PLN UIP3B Kalimantan, Banjarbaru, 2024.
- [8] PT.PLN (Persero), “FOISSEAM PLN,” PT.PLN (Persero), Jakarta, 2023-2024.