

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR)**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

**ADAM PANGESTU**  
NPM : 1507220109



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Adam Pangestu

NPM : 1507220109

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI  
KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI  
JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI  
PAYA PASIR)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

**Mengetahui dan Menyetujui**

**Pembimbing I**

(Noorly Evalina, S.T, M.T)

**Pembimbing II**

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

**Penguji I**

(Ir.Zul Arsil Siregar)

**Penguji II**

(Rohana, S.T, M.T)

**Program Studi Teknik Elektro**



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

Unggul | Cerdas | Terpercaya

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Adam Pangestu  
NPM : 1507220109  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 04 Agustus 1997  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

### **ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR).**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

Saya yang Menyatakan



**ADAM PANGESTU**

**1507220109**

## ABSTRAK

*Seiring dengan pesatnya permintaan energi listrik di Indonesia, kehandalan sistem tenaga listrik menjadi kunci dalam memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat. Saluran transmisi merupakan salah satu komponen penting dalam penyaluran tenaga listrik. Saluran transmisi harus dirancang dengan mempertimbangkan berbagai aspek, oleh karena itu sistem proteksi saluran transmisi haruslah bekerja dengan sensitif, selektif, cepat, dan handal. Sistem proteksi merupakan suatu bagian dari sebuah sistem tenaga listrik yang sangat penting untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen. Rele jarak tergolong dalam salah satu bagian dari sistem proteksi yang digunakan sebagai pengamanan pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan cepat. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh perbedaan impedansi kawat saluran terhadap setting relai jarak dan mengetahui serta menganalisa kinerja relai jarak agar dapat bekerja secara cepat dan maksimal. Dalam penelitian ini akan menganalisa berbagai data pendukung yang didapatkan dari PT PLN (PERSERO) untuk mengetahui settingan relai jarak pada beberapa zona. Setting pada relai jarak berpengaruh terhadap kinerja pengamanan saluran transmisi. Setting yang tidak tepat akan menyebabkan relai jarak lambat atau gagal bekerja. Perhitungan nilai setting impedansi menggunakan kawat penghantar yang berbeda mendapat nilai setting impedansi yang berbeda pula. Perbedaan impedansi gangguan pada setiap penggunaan kawat penghantar, maka jarak gangguan juga akan berbeda. Semakin besar impedansi gangguan, maka akan mengakibatkan jarak gangguan semakin besar atau semakin jauh pada saluran transmisi*

**Kata kunci :** *Saluran Transmisi, Sistem Proteksi, Relai Jarak, Impedansi*

## ABSTRACT

*As rapid demand for electricity in Indonesia, the reliability of electric power systems is key for society's electricity needs. Line transmission is one of the important components in electricity distribution. Line transmission must be designed by considering various aspects, therefore the transmission channel protection system must work sensitively, selectively, rapidly, and reliability. The Protection system is a part of an electric power system which is very important to improve continuity of service to consumers. The distance relay is classified into one part of the protection system which is used as a security on line transmission because of its ability to eliminate interference quickly. This study aims to analyze the effect of conductive wire impedance on distance relay settings, know and analyze distance relay performance in order to work quickly and maximally. This study will analyze various supporting data obtained from PT PLN (PERSERO) to find out the distance relay settings in several zone. Setting on the distance relay affects the safety performance of line transmission. Incorrect settings will cause the distance become slow or fail to work. Calculation of impedance setting value using a different conductive wire has a different impedance setting value. The difference in the value of fall impedance for each use of conductive wire, then the interference distance will also be different. The biggest the impedance of the interference, then the biggest the distance of the interference or the farther the transmission line..*

**Keywords:** *Line Transmission, Protection Systems, Distance Relay, Impedance*

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita ucapkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawakan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali ke akhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR).”**

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Amrin Buyung Tarigan) dan ibunda (Nurasiah) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap S.T,M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Noorly Evalina S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2015 A2 Siang yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luar biasa.
10. Turut serta rekan-rekan, abangda Yoga Tri Nugraha,S.T, abangda Ardiansyah Makrif,S.T, kakanda Kiki Ayu Mirani Br Tarigan,S.Pd, abangda Hendrik Hartopo, adinda Imam Wahyudi Tarigan yang telah memberikan dukungan dan do'a sehingga dipermudah penulisan skripsi ini oleh Allah SWT.

11. Juga terima kasih kepada para pegawai Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dari proses awal kuliah sampai saya menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.

12. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 15 Maret 2019

Penulis



**ADAM PANGESTU**

**1507220109**

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	6
2.2 Landasan Teori .....	8

2.2.1 Saluran Transmisi .....	8
2.2.2 Kawat Penghantar .....	12
2.2.3 Impedansi.....	13
2.3 Sistem Proteksi .....	15
2.4 Gangguan Saluran .....	16
2.4.1 Klasifikasi Gangguan.....	17
2.4.2 Pengaruh Gangguan.....	18
2.5 Daerah Proteksi .....	18
2.6 Relai Jarak ( <i>Distance Relay</i> ) .....	19
2.7 Pemilihan Zona.....	21
2.7.1 Penentuan Zona 1.....	22
2.7.2 Penentuan Zona 2.....	23
2.7.3 Penentuan Zona 3.....	23
2.8 Menentukan Letak Gangguan .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PERCOBAAN.....</b>	<b>26</b>
3.1 Tempat Penelitian.....	26
3.2 Jadwal Penelitian.....	26
3.3 Data Penelitian .....	26
3.4 Metode Penelitian.....	29
3.5 Teknik Analisa Data.....	30
3.6 Diagram Alir Peneliian.....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	34
4.1 Analisa Data Perhitungan .....	34
4.1.1 Perhitungan Impedansi .....	34
4.1.2 Perhitungan Zona .....	36
4.1.3 Impedansi Yang Dilihat Relai.....	40
4.1.4 Menentukan Letak Gangguan.....	43
4.2 Hasil Data .....	47
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran .....	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Data Kabel ACCC Belawan 1.....	27
Tabel 2. Data Kabel ACCC Belawan 2.....	27
Tabel 3. Data Kabel ACSR Sei Rotan 1 .....	28
Tabel 4. Data Kabel ACSR Sei rotan 2.....	28
Tabel 5. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 1 .....	28
Tabel 6. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 2 .....	28
Tabel 7. Pembacaan Gangguan.....	46
Tabel 8. Pengaturan Setting Relai Jarak .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Pendek.....	10
Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Menengah Rangkaian T.....	11
Gambar 3. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Menengah Rangkaian $\pi$ .....	11
Gambar 4. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Panjang .....	11
Gambar 5. Zona Proteksi Relai Jarak.....	22
Gambar 6. Zona perlindungan relai jarak GI Belawan - GI Paya Pasir.....	24
Gambar 7. Zona perlindungan relai jarak GI Paya Pasir - GI Sei Rotan .....	24
Gambar 8. Flowchart Penelitian.....	33

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya permintaan energi listrik di Indonesia, kehandalan sistem tenaga listrik menjadi kunci dalam memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat. Hal ini disebabkan karena semakin banyak aktivitas manusia yang memerlukan energi listrik.

Kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang baik merupakan dambaan bagi setiap konsumen energi listrik. Dalam hal ini PT PLN sebagai perusahaan nasional yang bergerak dalam bidang ketenagalistrikan terus berusaha untuk meningkatkan sistem tenaga listrik yang handal dan mengembangkan seluruh potensi yang sudah dimiliki, sehingga diharapkan mampu mengatasi kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang memadai, aman, handal, kontinu, dan ekonomis.

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan bagian penting dari sebuah proses penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Dengan begitu sistem transmisi harus dirancang dengan memikirkan segala aspek keamanan, keandalan, dan ramah lingkungan. Pada dasarnya saluran transmisi adalah sebuah sistem yang mempunyai ketetapan nilai yang berubah-ubah terhadap gangguan atau keadaan yang ada. Agar pemadaman tidak meluas yang diakibatkan berbagai gangguan, maka diperlukan pengaman yang dapat memerintah pemutus tenaga untuk memisahkan bagian saluran yang mengalami gangguan. Pengaman yang banyak digunakan adalah relai jarak (*distance relay*), dimana bila *setting*nya dilaksanakan dengan baik, maka akan dapat melokalisir gangguan, sehingga yang bekerja hanya alat yang paling dekat dengan lokasi gangguan.

Relai jarak merupakan proteksi utama pada penghantar transmisi baik tegangan 150 KV maupun 500 KV. Relai jarak digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyetelannya yang relatif mudah (Muh.Safar 2010). Dikatakan relai jarak karena impedansi pada saluran besarnya sebanding dengan panjang saluran. Relai jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi ( $Z$ ), dan transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan pengamanan yaitu zona 1, zona 2, dan zone 3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif didalam daerah pengamanan.

Prinsip kerja relai jarak adalah mengukur tegangan pada titik relai dan arus gangguan dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan.

Menurut Wahyu Prasetyo (2017) *Setting* relai jarak sangat berpengaruh pada kehandalan pengamanan relai jarak itu sendiri, dengan melakukan *setting* yang tidak tepat dapat mengakibatkan relai jarak tidak bekerja secara maksimal dan bahkan dapat mengakibatkan relai gagal berfungsi, sehingga penanganan gangguan dapat memakan waktu lebih lama dan dapat menciptakan kerugian yang begitu besar. Oleh karena itu nilai *setting* relai jarak harus diperhatikan dengan benar sehingga relai dapat bekerja secara maksimal. Perubahan *setting* relai jarak dilakukan pada saat terjadi perubahan penghantar yang digunakan pada sistem transmisi. Perubahan penghantar diakibatkan salah satu faktor yaitu usia pemakaian penghantar. Perubahan impedansi saluran dari berbagai jenis penghantar juga dapat mengakibatkan perubahan *setting* relai jarak [1].

Berdasarkan penelitian di atas, maka penulis akan melakukan penelitian dengan memperhatikan salah satu faktor yaitu perubahan impedansi saluran transmisi dapat menyebabkan *setting* relai jarak akan berubah. Peneliti akan melakukan penelitian dengan judul ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR).

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perbedaan impedansi kawat saluran terhadap *setting* relai jarak ?
2. Bagaimana *setting* relai jarak agar dapat bekerja secara cepat dan maksimal pada zona 1, zona 2, zona 3 ?
3. Bagaimana kinerja relai jarak jika terjadi gangguan pada masing-masing saluran transmisi ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh perbedaan impedansi kawat saluran terhadap *setting* relai jarak.
2. Mengetahui cara *setting* relai jarak agar dapat bekerja secara cepat dan maksimal pada zona 1, zona 2, zona 3.
3. Menganalisa kinerja relai jarak jika terjadi gangguan pada masing-masing saluran transmisi.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Menjaga kontinuitas pelayanan energi listrik ke konsumen pada PT PLN (PERSERO).
2. Menganalisa untuk penelitian selanjutnya menggunakan DIgSILENT PowerFactory (Digital Simulation and Electrical Network Calculation Program).
3. Menjadi referensi penelitian bagi mahasiswa lainnya.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Perbedaan impedansi kawat saluran terhadap *setting* relai jarak untuk mengisolasi daerah gangguan.
2. *Settingan* relai jarak yang tepat sehingga relai bekerja secara cepat, handal untuk tidak meluasnya gangguan yang terjadi.
3. Kinerja relai jarak pada saluran transmisi 150 kV.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas penelitian ini, maka materi-materi yang tertera pada skripsi ini dikelompokkan menjadi beberap sub bab dengan sistematika penyampaian sebagai berikut :

##### 1. **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## **2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan teori yang berupa pengertian dan defenisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan skirpsi serta beberapa literatur review yang berhubungan dengan penelitian.

## **3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan bagaimana kajian dilakukan, bagaimana mencari fakta, teknik-teknik pengujian kebenaran.

## **4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan laporan rinci pelaksanaan kegiatan dalam mencapai hasil-hasil penelitain, serta menjelaskan analisa sistem yang diusulkan dengan menggunakan flowchart dari sistem yang diimplementasikan, serta pembahasan secara detail elisitasi yang ada di bab sebelumnya, dijabarkan satu persatu.

## **5. BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan analisa dan optimalisasi sistem berdasarkan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

## **7. LAMPIRAN**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya oleh beberapa peneliti di bidang teknik elektro, yakni :

Energi listrik dibangkitkan dari pembangkit, yang kemudian dinaikkan tegangannya dan dialirkan melalui sistem transmisi untuk kemudian sampai di tangan masyarakat dan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa sistem transmisi memegang peranan penting untuk dapat menyalurkan energi listrik ke konsumen. Proses penyaluran energi listrik tersebut sering dijumpai adanya gangguan yang mengakibatkan kerugian, baik di pihak penyuplai maupun konsumen. Gangguan yang terjadi bisa diakibatkan oleh kesalahan sistem, maupun gangguan dari luar seperti sambaran petir, pohon tumbang, dan badai. Gangguan tersebut menyebabkan hubung singkat satu fasa, dua fasa, atau tiga fasa [2].

Relai jarak merupakan pengaman utama (*main protection*) pada SUTT/SUTET dan sebagai *back-up* untuk seksi didepannya. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, relai jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi ( $Z$ ) transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu zona-1, zona-2, zona-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya [3].

Gangguan yang paling sering terjadi dalam sistem tenaga listrik adalah gangguan pada sistem transmisi tegangan tinggi, jika gangguan tidak diatasi dengan segera, maka dapat menyebabkan sistem tidak stabil dan gangguan meluas ke area

yang lain serta membahayakan operator. Atas alasan inilah, relai jarak sering ditempatkan dengan relai arus lebih, kecuali pada level tegangan yang lebih rendah. Pada transmisi tegangan tinggi, satu atau dua sistem yang terpisah biasanya dihubungkan atau dilengkapi dengan rele jarak [3].

Relai jarak adalah Relai penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh Relai adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah sirkuit. Relai ini mempunyai ketergantungan terhadap besarnya SIR dan keterbatasan sensitivitas untuk gangguan satu fasa ke tanah [4].

Relai jarak sebagai proteksi utama mempunyai fungsi lain yaitu sebagai proteksi cadangan jauh (*remote backup*) untuk penghantar di depan maupun belakangnya (Zona 2, Zona 3, Zona 3 *reverse*). Relai ini biasanya dilengkapi dengan elemen *power swing blocking* untuk mencegah gagalnya kerja relai akibat ayunan daya (*power swing*) [4].

Perlindungan zona 1 relai jarak pada saluran udara tegangan tinggi dianggap sebagai pengamanan utama yang memiliki sifat *directional* (mengenal arah) dan dengan mempertimbangkan kesalahan pengukuran pada trafo arus, trafo tegangan dan saat penyetulan rele yang mempunyai nilai persentase sebesar 20% apabila hal tersebut terjadi, maka cakupan area perlindungan zona 1 mampu melindungi 80% dari panjang saluran gardu induk yang di proteksinya [5].

Area perlindungan zona 2 rele jarak mencakup 15%-20% daerah yang tidak di proteksi oleh zona 1 di tambah 50% untuk penghantar saluran berikutnya. Sama halnya proteksi zona 1, area protekksi zona 2 juga mempunyai sifat mengenal arah dan di *setting* dengan perlambatan waktu saat pengoprasiannya [5].

Zona 3 relai jarak bersifat tidak mengenal arah maka penentuan perlindungan zona 3 diukur dari sisa penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2 sepanjang 50% dan masih mampu melindungi 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya dengan waktu pengoprasinya lebih lambat [5].

Dalam menentukan nilai setting relai jarak, maka diperlukan beberapa parameter dari sistem yang ditinjau. Parameter tersebut adalah impedansi saluran, panjang saluran, ratio transformator arus (CT) dan transformator tegangan (PT) serta impedansi Trsansformator [6].

Permasalahan koordinasi adalah menentukan urutan operasi relai untuk masing-masing lokasi gangguan yang memungkinkan adanya koordinasi tanpa waktu delay yang terlalu lama. Koordinasi pada intinya adalah memilih dan menentukan setting waktu untuk menentukan daerah proteksi terhadap gangguan sementara pada penyulang bila terjadi manuver/pelimpahan beban. Koordinasi sistem proteksi dapat melokalisir dan mengisolasi daerah yang terganggu sehingga dapat mengurangi jumlah pemadaman pada konsumen [7].

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Saluran Transmisi**

Pusat-pusat listrik, biasa juga disebut sentral-sental listrik (*electric power station*). Pusat listrik biasanya jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik digunakan. Oleh karena itu, energi listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui saluran-saluran transmisi. Pemakaian saluran transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit listrik ke pusat beban. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi transmisi akibat jatuh tegangan. Secara umum

saluran transmisi dibagi dua bagian yaitu saluran udara dan saluran bawah tanah. Saluran udara menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantungkan pada menara transmisi, sedangkan saluran bawah tanah menyalurkan tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanam didalam tanah.

Saluran bawah tanah tidak terpengaruhi oleh cuaca buruk seperti hujan, petir, pohon tumbang dan sebagainya, namun biaya pembangunannya jauh lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara, sehingga untuk saluran transmisi yang panjang lebih ekonomis.

Untuk memudahkan analisa, saluran transmisi biasanya dibagi dalam beberapa klasifikasi :

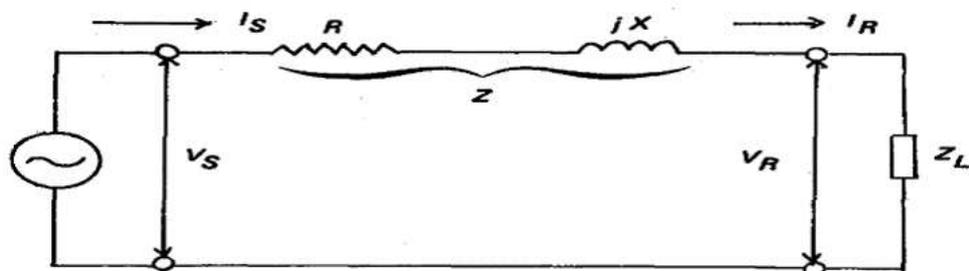
1. Klasifikasi Menurut Panjang Saluran
  - a. Saluran Transmisi pendek (kurang dari 80 km)
  - b. Saluran transmisi menengah {80-250 km}
  - c. Saluran transmisi panjang (250 km)
2. Klasifikasi Menurut Tegangan Kerja
  - a. Tegangan menengah yaitu 20 KV
  - b. Tegangan tinggi standart yaitu 70 KV, 150 KV, dan 275 KV
  - c. Tegangan ekstra tinggi (EHV) yaitu 500 KV
  - d. Tegangan ultra tinggi (UHV) yaitu antara 1000 KV sampai 1500 KV
3. Klasifikasi Menurut Fungsinya
  - a. Transmisi adalah penyaluran daya besar dari pusat–pusat pembangkit ke daerah beban
  - b. Sub-transmisi adalah transmisi percabangan dari saluran yang tinggi ke saluran yang lebih rendah

c. Distribusi adalah penyaluran daya kepada konsumen–konsumen

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai saluran transmisi panjang saluran.

### 1. Saluran Transmisi Pendek

Pada saluran transmisi pendek, nilai kapasitansi penghantar dapat diabaikan sehingga penghantar dimodelkan dengan impedansi ( $R$  dan  $X_L$ ), maka rangkaian ekivalen saluran transmisi pendek dimodelkan pada gambar dibawah ini.

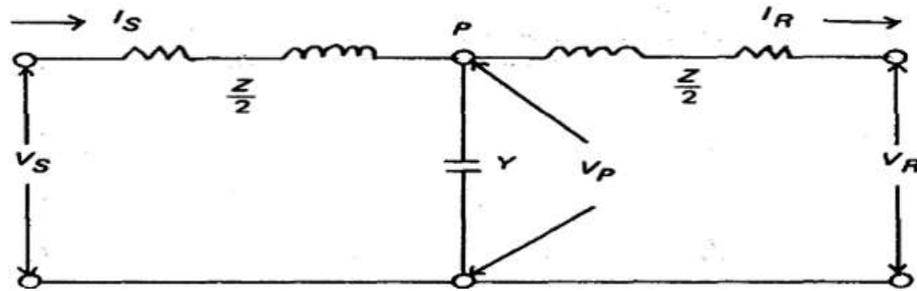


Gambar 1. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Pendek

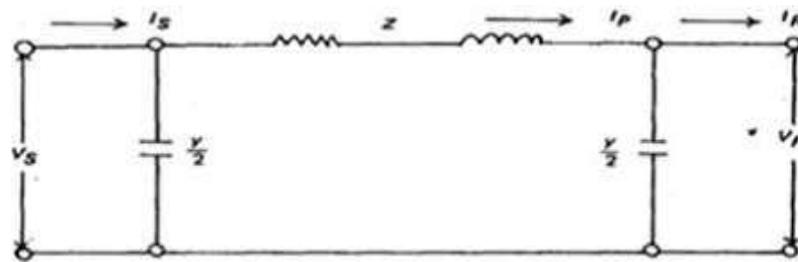
Oleh karena pengaruh kapasitansi dan konduktansi bocor dapat diabaikan pada saluran transmisi pendek, maka saluran tersebut dapat dianggap sebagai rangkaian impedansi yang terdiri dari tahanan dan induktansi.

### 2. Saluran Transmisi Menengah

Saluran transmisi jarak menengah dapat dianggap sebagai rangkaian T atau rangkaian  $\pi$ , pada saluran transmisi menengah, nilai kapasitansi penghantar tidak dapat diabaikan sehingga penghantar dimodelkan dengan impedansi penghantar ( $R$  dan  $X_L$ ) dan kapasitansi yang dapat dimodelkan dalam bentuk rangkaian ekivalen saluran transmisi menengah rangkaian T pada gambar 2 dan rangkaian ekivalen saluran transmisi rangkaian  $\pi$  terdapat pada gambar 3.



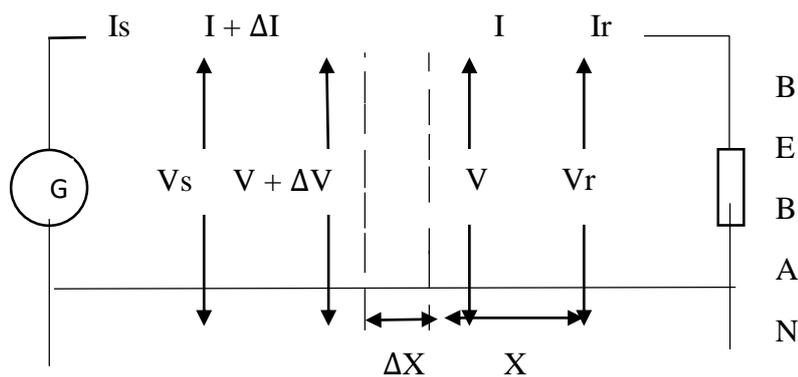
Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Menengah Rangkaian T



Gambar 3. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Menengah Rangkaian  $\pi$

### 3. Saluran Transmisi Panjang

Saluran transmisi panjang adalah saluran transmisi yang panjang salurannya lebih dari 250 Km. Pada saluran ini parameter saluran baik impedansi seri maupun paralelnya tidak boleh lagi dianggap terpusat karena parameter saluran tersebut tersebar secara merata sepanjang salurannya.



Gambar 4 Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi Panjang

### 2.2.2 Kawat Penghantar

Kawat penghantar adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik yang lain. Kawat penghantar yang baik yaitu kawat yang memiliki resistansi yang kecil sehingga minimnya nilai rugi-rugi tegangan agar dapat tegangan sampai ke beban dengan maksimal. Jenis-jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi adalah :

- a. Tembaga dengan konduktivitas 100 % (Cu 100%)
- b. Tembaga dengan konduktivitas 97,5 % (Cu 97,5 %)
- c. Aluminium dengan konduktivitas 61 % (Al 61 %)

Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium, karena konduktivitas dan kuat tariknya yang lebih tinggi. Tetapi juga memiliki kelemahan, yaitu untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dan lebih mahal dari aluminium. Oleh karena itu kawat penghantar aluminium telah mulai menggantikan kedudukan kawat penghantar tembaga.

Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat aluminium, digunakan campuran aluminium (*aluminium alloy*). Untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara/tiang berjauhan mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar **ACSR**.

Kawat penghantar aluminium, terdiri dari berbagai jenis, dengan lambang sebagai berikut :

- a. AAC (*All-Aluminium Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium.

- b. AAAC (*All–Aluminium Alloy Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
- c. ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.
- d. ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*), yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logan campuran.

### 2.2.3 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Semua bahan memiliki beberapa tingkah hambatan listrik, yang menyebabkan beberapa energi akan hilang sebagai panas, dan mengurangi aliran arus. Dalam arus bolak balik (AC) ada faktor yang berkontribusi terhadap impedansi yakni : kapasitansi dan induktansi atau biasa dikenal sebagai reaktansi, yang merupakan ukuran dari hambatan terhadap perubahan arus yang tergantung pada frekuensi, dan pada komponen sirkuit.

Seperti hambatan, reaktansi dan impedansi juga diukur dalam ohm. Dalam persamaan, impedansi biasanya diwakili oleh simbol Z, dan reaktansi oleh X. Reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif masing–masing diwakili oleh XC dan XL. Demikian pula dengan hukum ohm untuk hambatan, impedansi dapat dinyatakan sebagai :

$$Z = V / I \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana , Z = Impedansi (ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere )

Untuk perhitungan impedansi saluran transmisi, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana besar nilainya tergantung pada jenis penghantarnya, yaitu dari bahan apa penghantar itu dibuat dan juga tergantung besar kecilnya penampang dan panjang saluran penghantarnya.

Impedansi saluran transmisi dalam satuan per unit adalah :

$$Z = \frac{Z \text{ saluran}}{Z \text{ base}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana, Z = Impedansi penyulang (pu)

Z base = Impedansi dasar (ohm)

Z saluran = Impedansi Saluran (ohm)

Pada perhitungan *setting* relai jarak, impedansi merupakan parameter pokok yang digunakan dalam perhitungan. Untuk menghitung impedansi (Z) saluran transmisi, terlebih dahulu kita menghitung resistansi saluran (R) dan reaktansi saluran (X), dimana nilai dari reaktansi bisa didapat dari 2 parameter yaitu nilai kapasitansi dan induktansi. Oleh karena itu, impedansi dapat dijabarkan di persamaan berikut ini :

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Z = R + jXl + jXc \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Z = R + j (Xl + Xc) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Z = Impedansi (Ohm)

R = Resistansi (Ohm)

Xl = Reaktansi Induktif (Ohm)

Xc = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

### 2.3 Sistem Proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan–peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain–lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal itu dapat berupa seperti hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron dan lain–lain. Arus hubung singkat yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan–peralatan listrik jika sistem proteksi yang sesuai tidak diberikan untuk masing–masing bagiannya. Disisi lain kerusakan isolasi peralatan dapat terjadi dan menyebabkan gangguan hubung singkat.

Jika gangguan terjadi pada sebuah elemen sistem tenaga, sebuah peralatan otomatis diperlukan untuk mengisolasi bagian yang terganggu secepat mungkin dalam orde detik, sehingga bagian yang tidak terkena gangguan dapat beroperasi normal. Jika gangguan hubung singkat dibiarkan lama hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian penting dari sistem tenaga. Arus hubung singkat yang disertai busur api dapat menyebabkan kebakaran dan meluas ke peralatan lain, tegangan sistem dapat turun pada level yang rendah. Untuk generator–generator yang berada dalam satu grup di suatu pembangkit dengan pembangkit lainnya dapat kehilangan sinkronisasi. Selanjutnya jika gangguan–gangguan itu tidak diamankan segera dapat menyebabkan pemadaman total.

Sistem proteksi yang terdiri dari pemutus tenaga (PMT) beserta relai proteksi berfungsi mengisolasi bagian yang terganggu dari sistem yang tidak terkena gangguan. PMT memutuskan saluran bagian yang terganggu dan relai proteksi mendeteksi dan melokalisasi gangguan serta memberikan perintah (sinyal)

ke PMT untuk memutuskan. Relai proteksi juga dapat memberikan sinyal alarm sebagai indikasi keadaan abnormal.

Pada dasarnya besaran listrik yang dapat menyebabkan relai bekerja selama kondisi abnormal adalah arus, tegangan, kombinasi arus, dan tegangan, sudut fasa (arah), dan frekuensi. Satu atau lebih besaran listrik tersebut diperlukan untuk mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga. Proteksi tidak hanya diperlukan terhadap hubung singkat, tetapi juga untuk kondisi abnormal lainnya seperti kecepatan lebih pada generator dan motor, tegangan lebih, frekuensi berkurang, kehilangan eksitasi, pemanasan lebih pada stator dan rotor generator dan lain-lain. Relai proteksi tidak mengantisipasi atau mencegah terjadinya gangguan dan relai bekerja hanya setelah terjadi gangguan

#### **2.4 Gangguan Saluran**

Gangguan-gangguan sistem tenaga umumnya disebabkan salah satu yaitu kegagalan isolasi atau konduktor terhubung singkat. Kegagalan isolasi umumnya disebabkan karena berkurangnya kekuatan dielektrik isolasi. Tegangan lebih dapat menyebabkan hubung singkat yang sangat berbahaya yang dapat merusak beberapa peralatan sistem tenaga yang dialiri arus.

Pada umumnya gangguan-gangguan pada saluran transmisi dan distribusi disebabkan sambaran kilat (langsung dan tak langsung), surja hubung atau gangguan hubung singkat ke tanah atau saluran yang putus. Pepohonan yang menyentuh saluran terutama dalam keadaan basah (hujan), hewan seperti burung, dan lainnya yang dapat memperpendek jarak aman sehingga ada kemungkinan terjadinya loncatan api. Polusi debu yang menempel pada permukaan isolator-isolator terutama didaerah pantai, atau industri dapat menyebabkan terjadinya

loncatan api. Kemudian adanya retak–retak pada isolator secara mekanis, apabila ada petir yang menyambar akan terjadinya tegangan tembus pada isolator. Demikian juga pada saat udara lembab / basah dapat timbul arus bocor pada isolator tersebut.

#### **2.4.1 Klasifikasi Gangguan**

Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dibedakan :

1. Berdasarkan jenis gangguan

- a. Gangguan simetris

Gangguan simetris adalah gangguan hubung singkat 3 fasa dan hubungan singkat 3 fasa ke tanah.

- b. Gangguan tidak simetris

Gangguan tidak simetris yang terdiri dari gangguan fasa dan gangguan fasa ke tanah. Gangguan–gangguan jenis ini dapat terjadi secara simultan.

2. Berdasarkan lama waktu gangguan

- a. Gangguan Temporer

Gangguan temporer yaitu apabila gangguan terjadi dalam waktu singkat saja setelah sistem kembali pada keadaan normal misalnya gangguan sambaran kilat, sentuhan ranting pohon mengenai jaringan.

- c. Gangguan Pemanen

Gangguan permanen baru dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah bagian yang terganggu itu di isolir dengan bekerjanya PMT.

### **2.4.2 Pengaruh Gangguan**

Pengaruh umum gangguan hubung singkat pada sistem tenaga, jika gangguan tidak diamankan maka akan segera mengakibatkan sebagai berikut :

1. Arus hubung singkat yang besar dapat merusak peralatan listrik karena pemanasan lebih atau gaya mekanis yang tinggi.
2. Arus hubung singkat disertai timbulnya busur api dapat menyebabkan bahaya kebakaran, kemungkinan meluasnya ke sistem yang lain bila tidak diisolasi dengan cepat.
3. Penurunan suplai tegangan yang besar dari pembangkit menyebabkan hilangnya beban ke industri.
4. Ketidakseimbangan tegangan dan arus pada motor dan generator akan terjadinya panas berlebihan.
5. Terputusnya kontinuitas pelayanan kepada konsumen sehingga energi tidak dapat dijual.
6. Berkurangnya stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya tegangan di generator.

### **2.5 Daerah Proteksi**

Sebuah sistem terdiri dari beberapa generator, transformator, rel daya, saluran transmisi / distribusi dan lainnya. Sebuah skema proteksi diberikan secara terpisah untuk masing–masing peralatan atau elemen–elemen sistem tenaga seperti proteksi generator, proteksi transformator, proteksi transmisi/distribusi, proteksi rel daya dan lainnya. Proteksi ini dibagi menurut sejumlah daerah–daerah proteksi. Daerah proteksi adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dilindungi oleh sebuah proteksi tertentu dan biasanya melindungi satu atau dua elemen pada sistem tenaga.

Daerah ini disusun secara tumpang tindih (*overlap*) sehingga tidak ada bagian sistem yang tersisa yang tidak terproteksi.

Proteksi yang berdekatan harus memiliki kordinasi antara proteksi satu dengan proteksi yang lain. Misalnya untuk gangguan terjadi pada F1, maka sistem proteksi yang bekerja adalah sistem proteksi yang ada pada daerah gangguan tersebut, kemudian apabila gagal maka sistem proteksi yang berada didekat daerah tersebut dan demikian seterusnya.

## **2.6 Relai Jarak (*Distance Relay*)**

Relai adalah sebuah alat yang bekerja membuka dan menutup secara otomatis karena beroperasinya peralatan lain dibawah pengaturan elektrik.

Relai proteksi adalah sebuah alat listrik yang bekerja secara otomatis mendeteksi keadaan abnormal dalam rangkaian listrik dan memberikan sinyal ke CB untuk mengisolasi bagian yang terganggu. Dalam beberapa hal relai proteksi hanya cukup memberikan alarm atau nyala lampu.

Relai jarak adalah relai penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh relai adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah saluran. Relai jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur didalam batas *settingnya*, maka relai akan bekerja. Disebut relai jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Oleh karena itu relai jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi pada relai proteksi. Relai jarak ini mempunyai beberapa karakteristik seperti mho, quadrilateral, reaktans, adaptive mho dan lain–

lain. Sebagai unit proteksi relai ini dilengkapi dengan pola teleproteksi seperti PUTT, POTT, dan *blocking*. Jika tidak terdapat teleproteksi maka relai ini berupa step *distance* saja. Relai jarak sebagai proteksi utama mempunyai fungsi lain yaitu sebagai proteksi cadangan jauh (*remote backup*) untuk penghantar didepan maupun belakang nya (zona 2, zona 3, zona *reverse*). Relai ini biasanya dilengkapi dengan elemen *power swing blocking* untuk mencegah gagal nya kerja relai akibat ayunan daya (*power swing*).

Prinsip kerja relai jarak berdasarkan pada impedansi saluran transmisi, yang besarnya sebanding dengan panjang saluran transmisi tersebut. Prinsip pengukuran jarak nya dengan membandingkan arus gangguan yang dirasakan oleh relai terhadap tegangan dititik atau lokasi dimana relai terpasang. Dengan membandingkan kedua besaran itu, impedansi saluran transmisi dari lokasi relai sampai titik atau lokasi gangguan dapat diukur. Perhitungan impedansi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$Z_f$  = Impedansi gangguan (Ohm)

$I_f$  = Arus gangguan (A)

$V_f$  = Tegangan (V)

Relai jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan impedansi *setting*, dengan ketentuan :

- a. Bila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi *setting* relai maka relai akan trip.

- b. Bila nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi *setting* relai maka relai tidak akan trip.

## 2.7 Pemilihan Zona

Dalam membuat *setting*, pertama-tama ditetapkan dahulu nilai impedansi di sistem tenaga (primer). Impedansi sekunder dihitung dengan perkalian rasio CT dan PT pada persamaan.

$$CT = \frac{CT \text{ primer}}{CT \text{ sekunder}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$PT = \frac{PT \text{ primer}}{PT \text{ sekunder}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$n1 = \frac{CT}{PT} \dots\dots\dots(2.9)$$

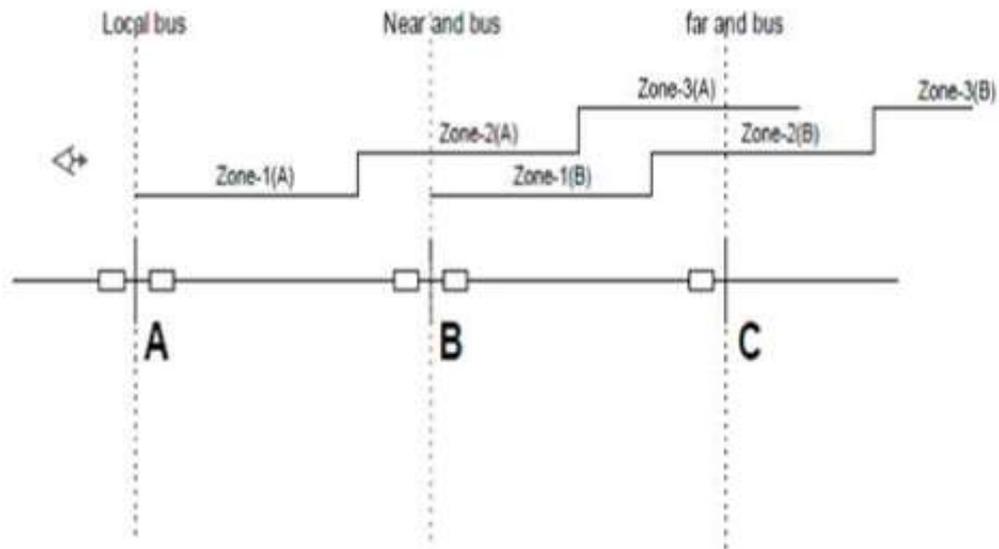
Dimana :

n1 = Rasio CT dan PT

CT = Rasio transformator arus

PT = Rasio transformator tegangan

Daerah kerja relai jarak umumnya dibagi menjadi 3 zona yang dikordinasikan dengan seksi berikutnya agar tidak terjadi *overlapping*.



Gambar 5. Zona Proteksi Relai Jarak

Dalam menentukan zona maka nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (R.Ariyanto (2017)) sebagai berikut :

$$ZL = \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \dots\dots\dots(2.10)$$

### 2.7.1 Penentuan Zona 1

Sebagai proteksi utama, jangkauan zona 1 harus mencakup seluruh saluran yang diproteksi. Namun dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data konstanta saluran seperti CT, PT, dan peralatan-peralatan lainnya sebesar 20 %, maka zona 1 di set (R.Ariyanto (2017)) 80 % dari panjang saluran yang diamankan.

$$\text{Zona 1} = 0,8 \times ZL1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$$ZL1 = \text{Impedansi saluran yang diamankan (ohm)}$$

Waktu kerja relai adalah seketika, sehingga dilakukan penyetelan waktu dengan  $T1 = 0$  detik.

### 2.7.2 Penentuan Zona 2

Area perlindungan zona 2 relai jarak mencakup 20% daerah yang tidak di proteksi oleh zona 1 di tambah 50% untuk penghantar saluran berikutnya. Sama halnya proteksi zona 1, area proteksi zona 2 juga mempunyai sifat mengenal arah dan di *setting* dengan perlambatan waktu saat pengoperasiannya, sehingga persamaan sistematiknya dapat ditulis dengan rumus (R.Ariyanto (2017)) sebagai berikut :

$$\text{Zona 2} = 0,8 (ZL1 + 0,8 \times ZL2) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

ZL1 = Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL2 = Impedansi saluran berikutnya yang di amankan (ohm)

Waktu kerja relai jarak pada zona 2 adalah  $t = 0,4$  detik.

### 2.7.3 Penentuan Zona 3

Jangkauan zona 3 harus mencakup dua busbar GI didepannya. Mempertimbangkan sisa penghantar yang tidak dilindungi pada zona 1 dan zona 2. Penentuan perlindungan zona 3 diukur dari sisa penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2 sepanjang 50% dan masih mampu melindungi 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya dengan waktu pengoperasiannya lebih lambat ( $t3$ ) maka persamaan penulisan sistematika pada zona 3 dapat dituliskan dalam rumus (R.Ariyanto (2017)) sebagai berikut :

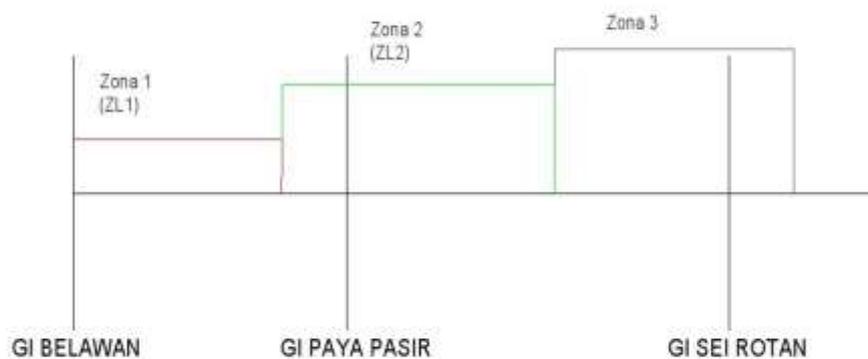
$$Z3 \text{ min} = 1,6 (ZL1 + ZL2) \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

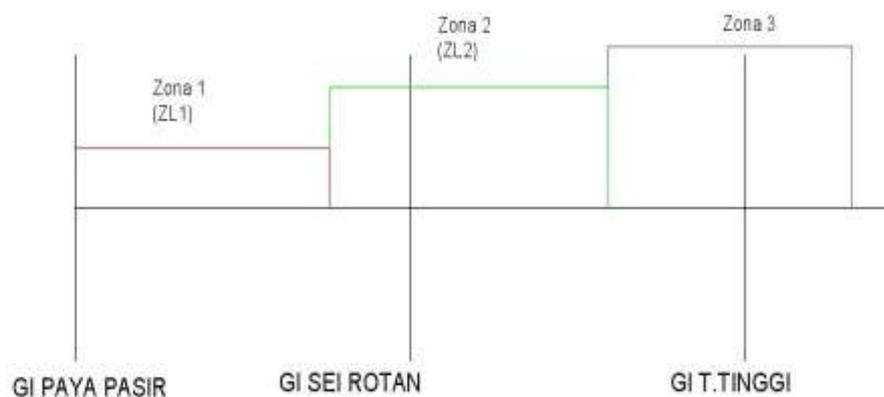
ZL1 = Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL2 = Impedansi saluran berikutnya yang diamankan (ohm)

Seperti halnya pada penyetelan zona 2, maka pada zona 3 harus menjadi pengaman cadangan pada seksi berikutnya secara keseluruhan, maka T3 dinaikkan satu tingkat dengan *setting* ( $t_3 = 1,6$  detik ).



Gambar 6. Zona perlindungan relai jarak GI Belawan - GI Paya Pasir



Gambar 7. Zona perlindungan relai jarak GI Paya Pasir - GI Sei Rotan

## 2.8 Menentukan Letak Gangguan

Relai jarak atau *distance relay* digunakan disaluran transmisi sebagai pengaman utama (*main protection*). Prinsip kerja relai jarak mengukur tegangan

pada titik relai dan arus gangguan yang terlihat dari titik relai, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Dengan nilai impedansi yang dibaca oleh relai, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung oleh letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak yang terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan persamaan (R.Ariyanto (2017)) sebagai berikut :

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL1} \dots(2.14)$$

Dimana :

CT = Rasio CT

PT = Rasio PT

L = Panjang Saluran (Km)

ZL1 = Impedansi Saluran (Ohm)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PERCOBAAN**

#### **3.1 Tempat Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Kampus III UMSU Jalan Kapten Muchtar Basri Glugur Darat II No.3 Medan.

#### **3.2 Jadwal Penelitian**

Jadwal penelitian yang dilakukan di GI Paya Pasir berlangsung dari tanggal 07 Januari 2019 sampai dengan tanggal 19 Januari 2019.

#### **3.3 Data Penelitian**

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT PLN (PERSERO) GI Paya Pasir yaitu :

a. Data Rasio CT dan PT

1. GI Belawan 1 – GI Paya Pasir

$$CT = 4000 : 5$$

$$PT = 150.000 : 100$$

2. GI Belawan 2 – GI Paya Pasir

$$CT = 4000 : 5$$

$$PT = 150.000 : 100$$

3. GI Paya Pasir – GI Sei rotan 1

$$CT = 1000 : 1$$

$$PT = 150.000 : 100$$

## 4. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan 2

$$CT = 2000 : 5$$

$$PT = 150.000 : 100$$

## b. Panjang Saluran Transmisi

$$GI \text{ Belawan} - GI \text{ Paya Pasir} = 6,2 \text{ Km}$$

$$GI \text{ Paya Pasir} - GI \text{ Sei Rotan} = 23,72 \text{ Km}$$

$$GI \text{ Sei Rotan} - GI \text{ Tebing Tinggi} = 53,49 \text{ Km}$$

## c. Data Kabel Penghantar

Tabel 1. Data Kabel ACCC Belawan 1

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	2 x 550	$mm^2$
Kapasitas	3600	A
Impedansi	0,6229	Ohm/km

Tabel 2. Data Kabel ACCC Belawan 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	2 x 550	$mm^2$
Kapasitas	3600	A
Impedansi	0,6229	Ohm/km

Tabel 3. Data Kabel ACSR Sei Rotan 1

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACSR	-
Luas Penampang	1 x 300	$mm^2$
Kapasitas	740	A
Impedansi	0,418	Ohm/km

Tabel 4. Data Kabel ACSR Sei rotan 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACSR	-
Luas Penampang	1 x 300	$mm^2$
Kapasitas	740	A
Impedansi	0,057	Ohm/km

Tabel 5. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 1

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	1 x 310	$mm^2$
Kapasitas	1275	A
Impedansi	0,109	Ohm/km

Tabel 6. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	1 x 310	$mm^2$
Kapasitas	1275	A
Impedansi	0,109	Ohm/km

### 3.4 Metode Penelitian

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 07 Januari 2019 – 19 Januari 2019 bertempat di GI Paya Pasir. Objek penelitian ini adalah hal-hal yang berkaitan dengan masalah relai jarak pada sistem transmisi saluran GI Belawan – GI Paya Pasir, GI Paya Pasir – GI Sei Rotan. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang di ambil sesuai dengan kondisi di lapangan, sedangkan data sekunder di dapatkan dari studi literatur baik berupa buku, jurnal-jurnal, rekap pembukuan GI Paya Pasir, melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing akademik, pegawai PT PLN (PERSERO) bagian HAR (pemeliharaan proteksi), dan HAR transmisi yang bersangkutan sehingga data yang di peroleh pada penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Untuk menyelesaikan tugas akhir maka dilakukan beberapa metode :

1. Study Literatur

Dilakukan dengan membaca dari berbagai sumber yang mendukung dalam penyelesaian tugas akhir.

2. Pengumpulan Data

Melakukan pengambilan data pada sistem transmisi saluran GI Belawan – GI Paya Pasir, GI Paya Pasir – GI Sei Rotan.

3. Analisa Data

Menghitting dan memahami data yang diperoleh sehingga dapat meyakinkan sistem berjalan dengan baik.

#### 4. Kesimpulan

Membuat kesimpulan berupa hasil *setting* yang dibutuhkan pada sistem transmisi.

### 3.5 Teknik Analisa Data

Adapun teknik analisa data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

#### 1. Melakukan pengumpulan data

Data pendukung untuk penulisan tugas akhir ini didapatkan di PT PLN (PERSERO) GI Paya Pasir. Data yang diambil merupakan data sekunder yang sudah ada di arsip PT PLN (PERSERO) GI Paya Pasir tanpa. Data yang diambil yaitu :

1. Rasio CT dan rasio PT
2. One line diagram GI Paya Pasir
3. Data *setting* relai jarak
4. Data spesifikasi kabel saluran
5. Jarak saluran.

#### 2. Pengolahan data

Data yang sudah didapat akan diolah untuk mendapatkan hasil pengaturan relai jarak agar relai jarak dapat bekerja sesuai dengan waktu dan ketentuannya. Dalam pengolahan data akan mencari impedansi kawat saluran, menghitung letak gangguan.

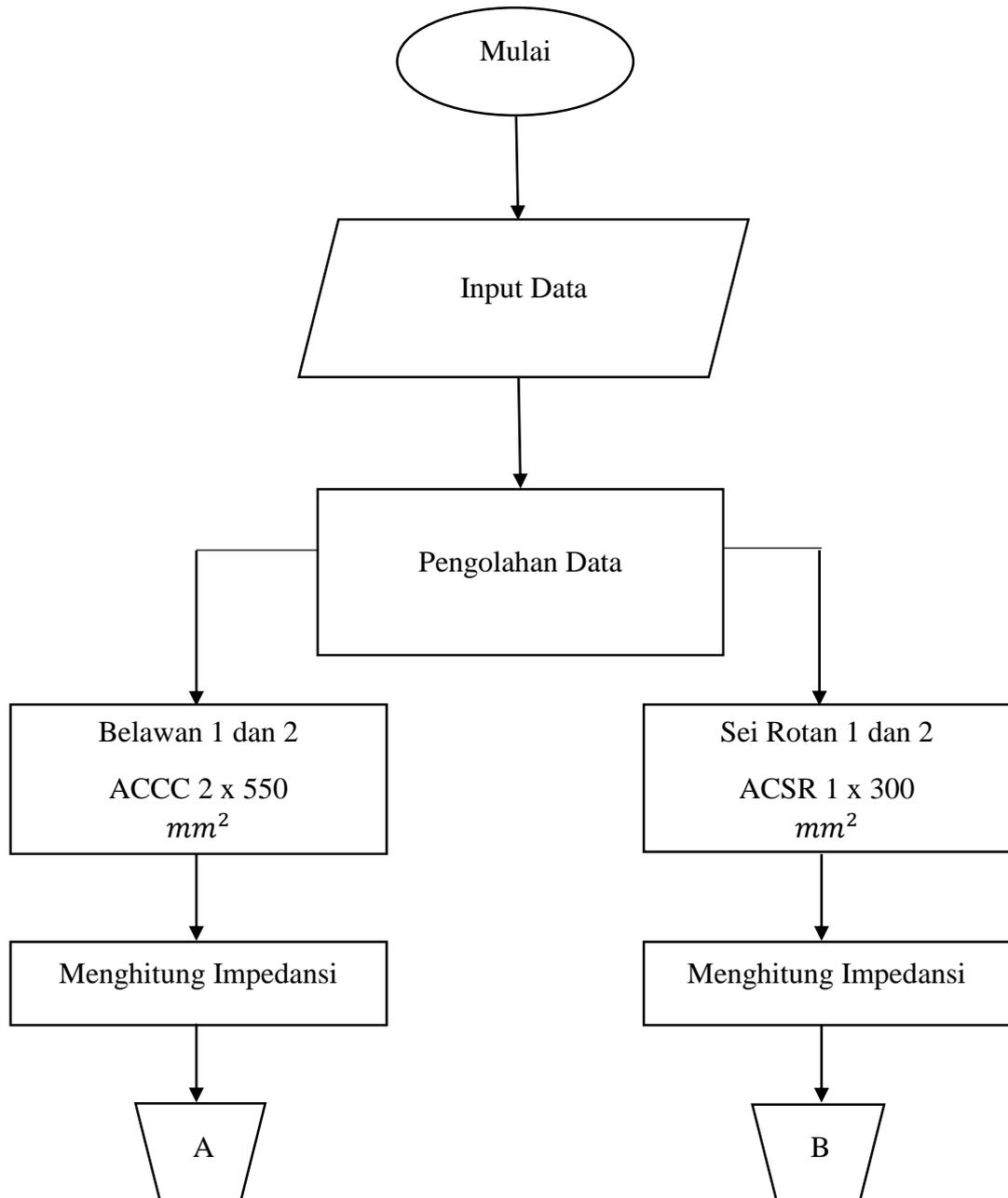
### 3. Analisa Hasil Perhitungan

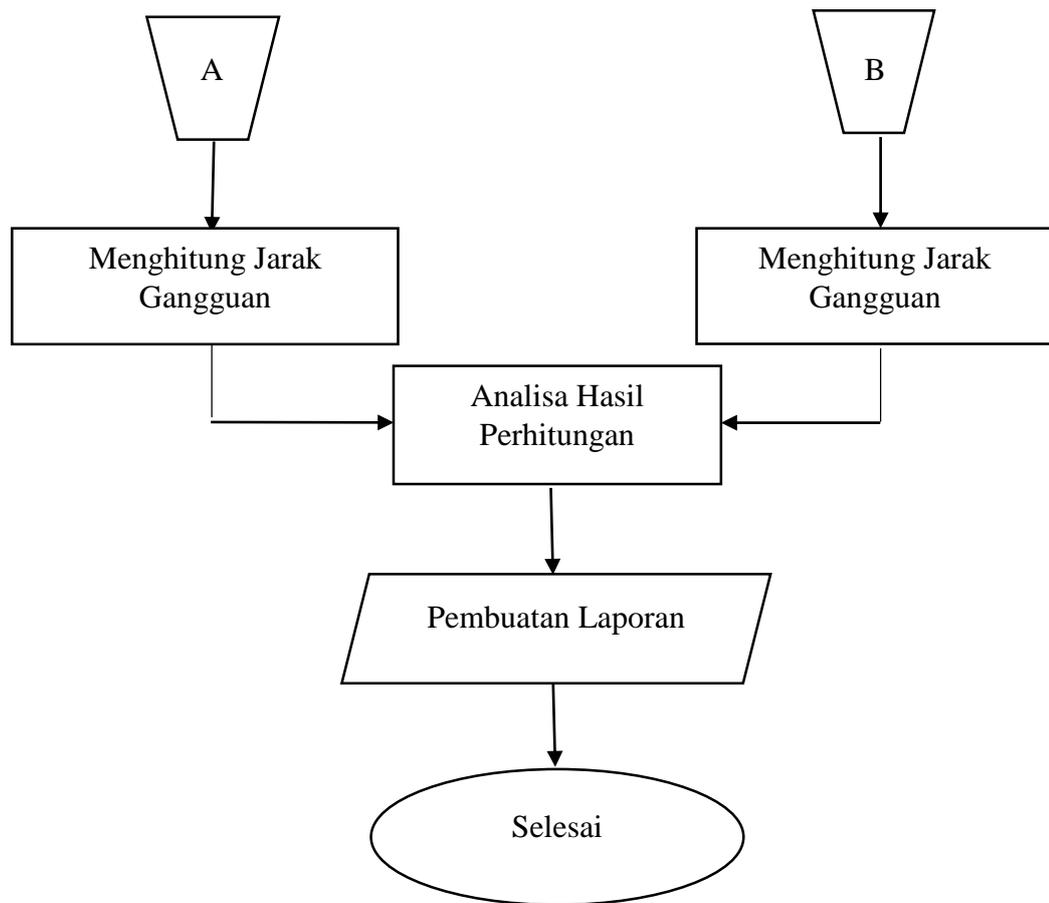
Hasil dari pengolahan data akan di analisa untuk mendapatkan *setting* relai jarak yang tepat. Dalam hasil perhitungan akan dibandingkan dengan kondisi yang terdapat dilapangan.

### 4. Pembuatan laporan

Hasil dari keseluruhan akan di tuliskan pada tugas akhir.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian





Gambar 8. *Flowchart* Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Data Perhitungan

Hasil dari penelitian sistem transmisi ini berupa nilai impedansi *setting* pada zona 1, zona 2, zona 3, dan juga melakukan perhitungan untuk melihat letak gangguan yang terjadi pada sistem transmisi yang dilindungi.

##### 4.1.1 Perhitungan Impedansi

Nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. GI Belawan – GI Paya Pasir

- Impedansi saluran Belawan I – Paya Pasir I

$$\begin{aligned} ZL1 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 6,2 \text{ Km} \times 0,6229 \text{ Ohm} \\ &= 3,86 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I

$$\begin{aligned} ZL2 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 23,72 \text{ Km} \times 0,418 \text{ Ohm} \\ &= 9,914 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Belawan II – Paya Pasir II

$$\begin{aligned} ZL1 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 6,2 \text{ Km} \times 0,6229 \text{ Ohm} \\ &= 3,86 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Paya Pasir II – Sei rotan II
 
$$\begin{aligned} ZL2 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 23,72 \text{ Km} \times 0,057 \text{ Ohm} \\ &= 1,35 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

## 2. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan

- Impedansi saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I
 
$$\begin{aligned} ZL1 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 23,72 \text{ Km} \times 0,418 \text{ Ohm} \\ &= 9,914 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Sei Rotan I – Tebing Tinggi I
 
$$\begin{aligned} ZL2 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 53,49 \text{ Km} \times 0,109 \text{ Ohm} \\ &= 5,8 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Paya Pasir II – Sei Rotan II
 
$$\begin{aligned} ZL1 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 23,72 \text{ Km} \times 0,057 \text{ Ohm} \\ &= 1,35 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi saluran Sei Rotan II – Tebing Tinggi II
 
$$\begin{aligned} ZL2 &= \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 53,49 \text{ Km} \times 0,109 \text{ Ohm} \\ &= 5,8 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Zona

Perhitungan nilai impedansi masing-masing zona sebagai berikut :

##### 1. GI Belawan – GI Paya Pasir

- Belawan I – Paya Pasir I

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 3,86 \text{ Ohm} \\ &= 3,088 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah  $0,8 \times 6,2 \text{ km} = 4,96 \text{ Km}$ .

Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama  $t = 0 \text{ s}$ .

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 &= 0,8 (ZL1 + (0,8 \times ZL2)) \\ &= 0,8 (3,86 + (0,8 \times 9,914)) \\ &= 9,43 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah  $0,8 \times (6,2 \text{ Km} + (0,8 \times 23,72 \text{ Km})) = 20,14 \text{ Km}$ . Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu  $t = 0,4 \text{ s}$ .

Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 &= 1,6 (ZL1 + ZL2) \\ &= 1,6 (3,86 \text{ Ohm} + 9,914 \text{ Ohm}) \\ &= 22,03 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah  $1,6 \times (6,2 \text{ km} + 23,72 \text{ km}) = 47,8 \text{ Km}$ . Waktu kerja pada zona 3 dengan mempertimbangkan panjang

perlindungan yang lebih dari zona 1 dan zona 2, maka *setting* zona 3 yaitu  $t = 1,6$  s.

- Belawan II – Paya Pasir II

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 3,86 \text{ Ohm} \\ &= 3,088 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah  $0,8 \times 6,2 \text{ km} = 4,96 \text{ Km}$ .

Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama  $t = 0$  s.

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 &= 0,8 (ZL1 + (0,8 \times ZL2)) \\ &= 0,8 (3,86 \text{ Ohm} + (0,8 \times 1,35 \text{ Ohm})) \\ &= 3,95 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah  $0,8 \times (6,2 \text{ Km} + (0,8 \times 23,72 \text{ Km})) = 20,14 \text{ Km}$ . Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu  $t = 0,4$  s.

Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 &= 1,6 (ZL1 + ZL2) \\ &= 1,6 (3,86 \text{ Ohm} + 1,35 \text{ Ohm}) \\ &= 8,3 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah  $1,6 \times (6,2 \text{ km} + 23,72 \text{ km}) = 47,8 \text{ Km}$ . Waktu kerja pada zona 3 dengan mempertimbangkan panjang

perlindungan yang lebih dari zona 1 dan zona 2, maka *setting* zona 3 yaitu  $t = 1,6$  s.

## 2. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan

### - Paya Pasir I – Sei Rotan I

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 9,914 \text{ Ohm} \\ &= 7,9 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah  $0,8 \times 23,72 \text{ km} = 18,9 \text{ Km}$ .

Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama  $t = 0$  s.

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 &= 0,8 (ZL1 + (0,8 + ZL2)) \\ &= 0,8 (9,914 \text{ Ohm} + (0,8 \times 5,8 \text{ Ohm})) \\ &= 11,6 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah  $0,8 \times (23,72 \text{ Km} + (0,8 \times 53,49 \text{ Km})) = 53,2 \text{ Km}$ . Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu  $t = 0,4$  s.

Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 &= 1,6 (ZL1 + ZL2) \\ &= 1,6 (9,914 \text{ Ohm} + 5,8 \text{ Ohm}) \\ &= 25,14 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah  $1,6 \times (23,72 + 53,49 \text{ km}) = 123,56 \text{ Km}$ . Waktu kerja pada zona 3 dengan mempertimbangkan panjang

perlindungan yang lebih dari zona 1 dan zona 2, maka *setting* zona 3 yaitu  $t = 1,6$  s.

- Paya Pasir II – Sei Rotan II

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 1,35 \text{ Ohm} \\ &= 1,08 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah  $0,8 \times 23,72 \text{ km} = 18,9 \text{ Km}$ .

Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama  $t = 0$  s.

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 &= 0,8 (ZL1 + (0,8 \times ZL2)) \\ &= 0,8 (1,35 \text{ Ohm} + (0,8 \times 5,8 \text{ Ohm})) \\ &= 4,7 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah  $0,8 \times (23,72 \text{ Km} + (0,8 \times 53,49 \text{ Km})) = 53,2 \text{ Km}$ . Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu  $t = 0,4$  s.

Zona 3

$$\begin{aligned} Z3 &= 1,6 (ZL1 + ZL2) \\ &= 1,6 (1,35 \text{ Ohm} + 5,8 \text{ Ohm}) \\ &= 11,4 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah  $1,6 \times (23,72 + 53,49 \text{ km}) = 123,56 \text{ Km}$ . Waktu kerja pada zona 3 dengan mempertimbangkan panjang

perlindungan yang lebih dari zona 1 dan zona 2, maka *setting* zona 3 yaitu t  
= 1,6 s.

#### 4.1.3 Impedansi Yang Dilihat Relai

Nilai impedansi yang dilihat relai sebagai berikut :

##### 1. GI Belawan – GI Paya Pasir

- Belawan I – Sei Rotan I

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{4000/5}{150000/100} = 0,53$$

Maka,

Perlindungan zona 1 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,53 \times 3,088 \text{ Ohm} \\ &= 1,63 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 2 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,53 \times 9,43 \text{ Ohm} \\ &= 4,99 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 3 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,53 \times 22,03 \\ &= 11,6 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Belawan II – Paya Pasir II

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{4000/5}{150000/100} = 0,53$$

Maka,

Perlindungan zona 1 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,53 \times 3,088 \text{ Ohm} \\ &= 1,63 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 2 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,53 \times 3,95 \\ &= 2,09 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 3 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,53 \times 8,3 \text{ Ohm} \\ &= 4,39 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

## 2. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan

- Paya Pasir I – Sei Rotan I

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{1000/1}{150000/100} = 0,66$$

Maka,

Perlindungan zona 1 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,66 \times 7,9 \text{ Ohm} \\ &= 5,21 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 2 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,66 \times 11,6 \text{ Ohm} \\ &= 7,65 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 3 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,66 \times 25,14 \text{ Ohm} \\ &= 16,59 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Paya Pasir II – Sei Rotan II

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{2000/5}{150000/100} = 0,26$$

Maka,

Perlindungan zona 1 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,26 \times 1,08 \text{ Ohm} \\ &= 0,28 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 2 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,26 \times 4,7 \text{ Ohm} \\ &= 1,22 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan zona 3 yang dilihat relai adalah

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,26 \times 11,4 \text{ Ohm} \\ &= 2,96 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

#### 4.1.4 Menentukan Jarak Gangguan

Berdasarkan nilai impedansi gangguan yang terbaca oleh relai jarak, apabila terjadi gangguan di sepanjang saluran maka letak gangguan itu bisa diketahui melalui *zone protection* yang ada seperti dibawah ini :

##### 1. GI Belawan – GI Paya Pasir

###### - Belawan I – Paya Pasir I

$$\begin{aligned} \text{Jarak Gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL1} \\ &= \frac{5 \text{ Ohm} \times \frac{4000/5}{150000/100} \times 6,2}{3,86} \\ &= 4,2 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL1} \\ &= \frac{10 \text{ Ohm} \times \frac{4000/5}{150000/100} \times 6,2}{3,86} \\ &= 8,51 \text{ Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL1} \\ &= \frac{12 \text{ Ohm} \times \frac{4000/5}{150000/100} \times 6,2}{3,86} \\ &= 10,2 \text{ Km} \end{aligned}$$

Berhubungan dengan Belawan I – Paya Pasir I dan Belawan II – Paya Pasir II sama-sama memiliki parameter yang sama seperti rasio CT, rasio P, panjang saluran. Maka, jarak gangguan yang dihasilkan juga akan tetap sama.

## 2. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan

## - Paya Pasir I – Sei Rotan I

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1}$$

$$= \frac{5 \text{ Ohm} \times \frac{1000/1}{150000/100} \times 23,72}{9,914}$$

$$= 7,89 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1}$$

$$= \frac{10 \text{ Ohm} \times \frac{1000/1}{150000/100} \times 23,72}{9,914}$$

$$= 15,7 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1}$$

$$= \frac{12 \text{ Ohm} \times \frac{1000/1}{150000/100} \times 23,72}{9,914}$$

$$= 18,9 \text{ Km}$$

## - Paya Pasir II – Sei Rotan II

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1}$$

$$= \frac{5 \text{ Ohm} \times \frac{2000/5}{150000/100} \times 23,72}{1,35}$$

$$= 22,8 \text{ Km}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1} \\
 &= \frac{10 \text{ Ohm} \times \frac{2000/5}{150000/100} \times 23,72}{1,35} \\
 &= 45,6 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL1} \\
 &= \frac{12 \text{ Ohm} \times \frac{2000/5}{150000/100} \times 23,72}{1,35} \\
 &= 54,8 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil perbandingan jarak gangguan antar saluran.

Tabel 7. Pembacaan Gangguan

No	Impedansi Gangguan (Ohm)	Letak Gangguan			
		Belawan I – Paya Pasir I	Belawan II – Paya Pasir II	Paya Pasir I – Sei Rotan I	Paya Pasir II – Sei Rotan II
1	5	4,2 Km	4,2 Km	7,89 Km	22,8 Km
2	10	8,51 Km	8,51 Km	15,7 Km	45,6 Km
3	12	10,2 Km	10,2 Km	18,9 Km	54,8 Km

Hasil perhitungan letak gangguan antara masing-masing penghantar berbeda.

Dengan impedansi gangguan yang sama namun tetap menunjukkan letak gangguan yang berbeda. Impedansi gangguan dengan letak gangguan berbanding lurus, jika impedansi gangguan naik maka letak gangguan juga akan naik dan begitu juga sebaliknya.

## 4.2 Hasil Data

Berdasarkan perhitungan analisa data *setting* relai jarak maka didapatkan selisih perbandingan nilai impedansi antara *setting* relai jarak GI Belawan – GI Paya Pasir, GI Paya Pasir – GI Sei Rotan dengan perhitungan analisa berdasarkan teori yang telah di pelajari adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Pengaturan *Setting* Relai Jarak

No	Saluran	Pembagian Zona	<i>Setting</i> Lapangan	Secara Teori
1	Belawan I – Paya Pasir I	Zona 1	3,09 Ohm	3,08 Ohm
		Zona 2	5,56 Ohm	9,43 Ohm
		Zona 3	7,8 Ohm	22,03 Ohm
2	Belawan II – Paya Pasir II	Zona 1	3,09 Ohm	3,08 Ohm
		Zona 2	5,56 Ohm	3,95 Ohm
		Zona 3	7,8 Ohm	8,3 Ohm
3	Paya Pasir I – Sei Rotan I	Zona 1	5,45 Ohm	7,9 Ohm
		Zona 2	7,15 Ohm	11,6 Ohm
		Zona 3	10 Ohm	25,14 Ohm
4	Paya Pasir II – Sei Rotan II	Zona 1	2,2 Ohm	1,08 Ohm
		Zona 2	3,1 Ohm	4,7 Ohm
		Zona 3	3,8 Ohm	11,4 Ohm

Berdasarkan hasil diatas didapatkan bahwa terdapat perbedaan antara pensettingan relai jarak dengan hasil analisa perhitungan secara teori yang dimungkinkan beberapa faktor yang mampu mempengaruhi perubahan suatu impedansi pada relai itu sendiri yaitu :

1. Kondisi di lapangan
2. *Human errors*
3. Faktor infeed

Kinerja relai jarak yang baik pada saluran transmisi 150 KV tergantung pada masing-masing saluran sebab masing-masing saluran terdapat perbedaan impedansi kawat saluran. Untuk mendapatkan kinerja relai jarak yang baik juga harus tepat dalam melakukan pembagian zona karena dalam pembagian zona akan terdapat masing-masing waktu dalam mengisolir gangguan. Jika salah dalam melakukan pembagian zona maka akan berakibat buruk terhadap saluran sebab gangguan akan menyebar ke daerah yang tidak terkena gangguan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Perbedaan jenis kawat saluran mempengaruhi *setting* relai jarak disebabkan karena setiap kawat saluran mempunyai impedansinya masing-masing. Semakin tinggi nilai impedansi kawat saluran maka semakin tinggi nilai *setting* relai jarak.
2. Nilai *setting* relai jarak saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I pada zona 1 (3,08 Ohm), zona 2 (9,43 Ohm), zona 3 (22,03 Ohm). Saluran transmisi Belawan II – Paya Pasir II pada zona 1 (3,08 Ohm), zona 2 (3,95 Ohm), zona 3 (8,3 Ohm). Saluran transmisi Paya Pasir I – Sei Rotan I pada zona 1 (7,9 Ohm), zona 2 (11,6 Ohm), zona 3 (25,14 Ohm). Saluran transmisi Paya Pasir II – Sei Rotan II pada zona 1 (1,08 Ohm), zona 2 (4,7 Ohm), zona 3 (11,4 Ohm).
3. Kinerja relai jarak pada saluran transmisi berbeda pada setiap saluran karena masing-masing saluran memiliki perbedaan nilai impedansi. Gangguan sebesar 5 Ohm pada saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 4,2 Km, saluran transmisi Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 4,2 Km, saluran transmisi Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 7,89 Km, saluran transmisi Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 22,8 Km. Gangguan sebesar 10 Ohm pada saluran transmisi

Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 8,51 Km, saluran Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 8,51 Km, saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 15,7 Km, saluran Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 45,6 Km. Gangguan sebesar 12 Ohm pada saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 10,2 Km, saluran Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 10,2 Km, saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 18,9 Km, saluran Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 54,8 Km. Impedansi gangguan semakin besar maka jarak letak gangguan akan terdeteksi semakin jauh pada saluran transmisi.

## 5.2 Saran

Tentunya penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini. Salah satunya adalah dengan tidak menggunakan software DIGSILENT PowerFactory (Digital Simulation and Electrical Network Calculation Program). Kedepan diharapkan adanya penggunaan dari software tersebut untuk pengembangan dari penelitian ini. Ditambah lagi jika memang memungkinkan untuk diteliti lebih lanjut, penulis ingin agar memperhatikan arus *Infeed*, impedansi pembangkit (sumber) tergantung dari keinginan dan kemampuan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu, P.(n.d). Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Akibat Penggantian Penghantar SUTT 150KV Klaten-Peda.
- [2] Ilmiah, P., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono.
- [3] Elektro, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2015). Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak ( Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli – Banda Aceh ).
- [4] Kusuma, A. P. (n.d.). Evaluasi Setting Rele Jarak Transmisi 150 KV Senggiring - Singkawang.
- [5] Ilmiah, P., Ilmiah, P., Ariyanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 KV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar.
- [6] Sepang, J. B., Patras, L. S., Lisi, F., & Elektro-ft, J. T. (n.d.). Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 KV Area Gardu Induk Otam – Gardu Induk Isimu, 148–158.
- [7] Hidayat, A. W., Gusmedi, H., Hakim, L., & Despa, D. (n.d.). Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung.
- [8] Panjaitan, B. 2012. *Praktik-Praktik Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Andi
- [9] Panjaitan, B. 1998. *Teknologi Pengendalian Sistem Tenaga Listrik Berbasis Scada*. Jakarta : Prehalindo.

- [10] B,Ravindranath and Chander. 1987. *Power System Protection And Switchgear*. Singapore : Jhon Wiley and Sons (SEA).
- [11] Samulah, Hazairin. 2004. *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Palembang : Unsri.
- [12] Komari dan Soekarto. 1995. *Loka Karya Bidang Proteksi*. Udiklat Semarang : PT PLN (Persero).
- [13] Abdul, Khadir. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.
- [14] Bayliss, C and Brian. 2007. *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. France : Elsevier.

## LAMPIRAN



PT PLN (Persero)  
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN SUMATERA  
UNIT PELAYANAN TRANSMISI MEDAN



Jalan Listrik No. 12 Medan - 20112  
Telepon : (061) 4579900 (hunting)

Facsimile : (061) 4577700

E-mail : upL\_medan@p3b-sumatera.co.id

Nomor : 0001 /SDM.06.03/UPTMDN/2019 07 Januari 2019  
Sifat : Biasa  
Lampiran : -  
Perihal : Ijin Pengambilan Data

Kepada :  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
(Fakultas Teknik)  
Jl.Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan

Menunjuk Surat dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Nomor :3095/II.3-AU/UMSU-07/F/2018 pada Tanggal 12 Desember 2018 Perihal Pengambilan Data atas Nama :

No.	NAMA MAHASISWA	NPM	JURUSAN
1.	Adam Pangestu	1507220109	Teknik Elektro

Dengan ini kami mengijinkan Pengambilan Data di Gardu Induk Paya Pasir mulai Tanggal 07 Januari 2019 sampai dengan Tanggal 19 Januari 2019 dengan ketentuan sbb:

1. Tidak dibenarkan melakukan tindakan yang dapat mengganggu kegiatan Operasional di Gardu Induk Paya Pasir.
2. PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera UPT Medan tidak memberi uang saku selama Pengambilan Data.
3. PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera UPT Medan tidak menanggung biaya apapun apabila mengalami Kecelakaan selama melaksanakan Pengambilan Data.
4. Mengikuti Peraturan Jam Kerja yang ada di Tragi dan Gardu Induk.
5. Mematuhi segala peraturan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) berikut rambu-rambu yang ada di Gardu Induk.
6. Tidak diperbolehkan mempublikasikan hal-hal yang bersifat Rahasia.

Demikian disampaikan untuk dapat dipergunakan sepenuhnya, terimakasih.



Tembusan :  
1. MAN ULTG Paya Pasir  
2. Supervisor Gardu Induk Paya Pasir

DATABASE CURRENT TRANSFORMER 150 KV TAHUN 2018

ID	ULTR	GI	lay	abrik	buatan	jenis	type	SN_R	SN_S	SN_T	th_buat	class	PTH	freq	borden1	borden2	borden3	Ratio yang di pakai	ta_ops	hrt
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TD1 80 MVA PASTI	TRENCH	CHINA	OUTDOOR	KSK 170	28744010-001	28744010-002	28744010-003	2013	5P20	25	50	-	-	-	300 / 5	2013	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TD2 80 MVA PALWELS	PAUWELS	INDIA	OUTDOOR	KSK 170/20/1750	151824	151826	151825	2015	5P20	40	50	-	40	-	300 / 1	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - MABAR 1	ABB	SWEDIA	OUTDOOR	MAB 170	1HSE 8805981	1HSE 8805982	1HSE 8805984	2011	5P20	20	50	-	-	-	2000 / 5	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - MABAR 2	TRENCH	CHINA	OUTDOOR	KSK 170	12004189			2012	5P20	40	50	-	-	-	1200 / 1	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - PGEU 1	ALSTOM	INDIA	OUTDOOR	OSK 170	37994015297	37994015298	37994015299	2017	5P20	40	50	-	-	-	1000 / 1	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - PGEU 2	AREVA	JERMAN	OUTDOOR	CTH 170	ML-85380/3	ML-85380/6	ML-85380/3	2007	5P20	31.5	50	-	-	-	1200 / 1	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - BELWUT 1	TRENCH	CHINA	OUTDOOR	KSK 170	1700698	1700699	1700700	2017	5P20	50	50	-	-	-	4000 / 5	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - BELWUT 2	TRENCH	CHINA	OUTDOOR	KSK 170	1700695	1700696	1700697	2017	5P20	50	50	-	-	-	4000 / 5	2018	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - SROTN 2	ABB	SWEDIA	OUTDOOR	MAB 170	1 HSE 8805957	1 HSE 8805960	1 HSE 8805963	2011	5P20	20	50	-	-	-	2000 / 5	2018	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	PAYA PASIR - SROTN 1	ALSTOM	INDIA	OUTDOOR	OSK 170	37994015291	37994015292	37994015293	2017	5P20	40	50	-	-	-	1000 / 1	2017	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	KOPEL BUS 150 KV	ABB	SWEDIA	OUTDOOR	LEP 170	1711173	1711175	1711176	2018	5P20	40	40	40	40	40	2000-4000 / 5/5/5 A	2018	Ciomas ng 315-30-2018
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 1	WESTINGHOUSE	USA	OUTDOOR	EYM	38Y4685	38Y4685	38Y4685	1978								1876	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 2	WESTINGHOUSE	USA	OUTDOOR	EYM	38Y4685	38Y4685	38Y4685	1978								1876	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 3	BAUTEAU	BELGIUM	OUTDOOR	QDR 170		TIDAK TERBALA		1996	5P20	25	50	15	15	15	500-1000 / 1		
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 4	ALSTHOM	FRANCE	OUTDOOR	H170 24		TIDAK TERBALA											
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 5																	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 6	BAUTEAU	BELGIUM	OUTDOOR	QDR 170		TIDAK TERBALA		1996	5P20	25	50	15	15	15	500-1000 / 1	1986	
	PAYA PASIR	PAYA PASIR	TM 7	XD	CHINA	OUTDOOR	LVCB-220WZ	08208	08209	08210	2008	5P20	50	50				150-300 / 5	2008	

CAET: CT RUIT TERBAGAS ISAT TRAFIO TIMES TERBAGAS



PT PLN (PERSERO) UNIT INDIK PFE SUMATERA  
 UNIT PELAKSANA TRANSMISI MEDAN  
 UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GABUNG INDEK PANG PASSE

DATABASE POTENSIAL TRANSFORMER 150 KV TAHUN 2018

ID	LOKASI	TIPE	MERK	TIPE	SN (R/PT)	Level	RATIO PT	IG SEKEL	rent_msk	lv	burden	class	cl	cl	th_buat	th_opp	standar	ket
	PADA PASSE	PADA PASSE	TRENCH ELECTRIC CANADA	TEMF 151A	547172522	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 KV	170	100	0.5	6657 PF	10886 PF	1994	1995		
	PADA PASSE	PADA PASSE	SALTEAU	CCV 170	TIDAK TERBACA	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 KV	170	100	0.5			1994	1995		
	PADA PASSE	PADA PASSE	GE T&D	CCV 170	37992011218/37992011051/37992011220	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 kV/V3	170	500	0.5			2017	2017		
	PADA PASSE	PADA PASSE	GE T&D	CCV 170	37992011088/37992011089/37992011206	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 kV/V3	170	500	0.5			2017	2017		
	PADA PASSE	PADA PASSE	TRENCH	TCVT170	1880041/1770315/1770316	750 KV	150KV/3/1500W/3		170 KV	170	400-600	0.2			2017	2018		
	PADA PASSE	PADA PASSE	TRENCH	TCVT170	1770314/1770315/1770316	750 KV	150KV/3/1500W/3		170 KV	170	400-600	0.2			2017	2018		
	PADA PASSE	PADA PASSE	Phase R&T name plate tidak ada / ABS SWEDEN (Phase S)	CVA 170	1H5E8710420	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 KV	170	100	0.5			2006	2007		PH R&T CVT 170 Lama
	PADA PASSE	PADA PASSE	TRENCH ELECTRIC CANADA	161 S11	12004143/12004144/12004145	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 KV	170	150	0.5	0.0122	0.0753	2012	2013		
	PADA PASSE	PADA PASSE	GE T&D	CCV 170	37992011082/37992011083/37992011084	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 kV/V3	170	500	0.5			2017	2017		
	PADA PASSE	PADA PASSE	GE T&D	CCV 170	37992011085/37992011086/37992011087	750 KV	150KV/3/1500W/3		150 kV/V3	170	500	0.5			2017	2017		
	PADA PASSE	PADA PASSE	XD	XD150/03-0,00	15 0081 0044 / 0043 / 0045	750 KV	150KV/3/1500W/3		170 KV						2008			
	PADA PASSE	PADA PASSE	CROMPTON GREAVES	GE 170 / 750 /	X103942/X103943/X103944	325 KV / 750 KV	150KV/3/1500W/3		170 KV						2008			~186-87, EC338-90

NO	UPT	TEG	ULTG	GI	BAY	SETTING IMPEDANSI					
						Z1 <atau> X1	tZ1	Z2 <atau> X2	tZ2	Z3 <atau> X3	tZ3
1	MDN	150kV	PAYA PASIR	BELAWAN	BINJAI	17.17	0	25.7	0.4	33.9	1.2
2	MDN	150kV		BELAWAN	BINJAI	17.17	0	25.7	0.4	33.9	1.2
3	MDN	150kV		BELAWAN	SEI ROTAN	11.7	0	17.56	0.4	23.69	1.6
4	MDN	150kV		BELAWAN	SEI ROTAN	11.7	0	17.56	0.4	23.69	1.6
5	MDN	150kV		BELAWAN	PAYA PASIR	3.09	0	5.56	0.4	7.8	1.2
6	MDN	150kV		BELAWAN	PAYA PASIR	3.09	0	5.56	0.4	7.8	1.2
7	MDN	150kV		BELAWAN	LABUHAN	0.54	0	0.81	0.8	1.68	1.2
8	MDN	150kV		BELAWAN	LAMHOTMA	2.24	0	3.36	0.4	4.39	1.2
9	MDN	150kV		LABUHAN	BELAWAN	1.1	0	2.1	0.8	3.02	1.2
10	MDN	150kV		LABUHAN	LAMHOTMA	0.642	0	1.185	0.4	2.428	1.2
11	MDN	150kV		LAMHOTMA	LABUHAN	0.91	0	1.09	0.4	1.19	1.2
12	MDN	150kV		LAMHOTMA	BELAWAN	0.22	0	0.33	0.4	0.44	1.2
13	MDN	150kV		PAYA PASIR	BELAWAN	0.62	0	0.93	0.4	1.5	1.2
14	MDN	150kV		PAYA PASIR	BELAWAN	0.62	0	0.93	0.4	1.5	1.2
15	MDN	150kV		PAYA PASIR	PAYA GELI	4.89	0	7.33	0.4	8.942	1.2
16	MDN	150kV		PAYA PASIR	PAYA GELI	5.86	0	8.8	0.4	10.38	1.2
17	MDN	150kV		PAYA PASIR	SEI ROTAN	5.45	0	7.15	0.4	10	1.4
18	MDN	150kV		PAYA PASIR	SEI ROTAN	2.2	0	3.1	0.4	3.8	1.2
19	MDN	150kV		PAYA PASIR	MABAR	2	0	3.6	0.4	5.2	1.2
20	MDN	150kV		PAYA PASIR	MABAR	7.9	0	14.9	0.4	21	1.2
21	MDN	150kV		KIM	SEI ROTAN	3.87	0	5.81	0.4	6.94	1.2
22	MDN	150kV		KIM	SEI ROTAN	3.9	0	5.8	0.4	7	1.2



PT PLN (Persero)  
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN SUMATERA  
UNIT PELAYANAN TRANSMISI MEDAN



Jalan Listrik No. 12 Medan - 20112  
Telepon : (061) 4579900 (hunting)

Facsimile : (061) 4577700

E-mail : [upt\\_medan@p3b-sumatera.co.id](mailto:upt_medan@p3b-sumatera.co.id)

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Lutfhi Fazawi

NIP : 9716169PBY

Selaku pegawai PT PLN (PERSERO) menerangkan bahwa data yang diberikan untuk keperluan kelengkapan penyusunan tugas akhir mahasiswa yang bernama :

Nama : Adam Pangestu (1507220109)

Judul : "Analisa Pengaruh Perubahan Impedansi Kawat Saluran Terhadap *Setting* Relai Jarak Pada Saluran Transmisi 150 KV (GI Paya Pasir)"

Merupakan data yang valid dan otentik. Berikut data-data yang diberikan :

1. Impedansi kawat saluran Sei Rotan 1 = 0,418 Ohm
2. Impedansi kawat saluran Sei Rotan 2 = 0,057 Ohm
3. Impedansi Kawat saluran Tebing Tinggi 1 dan Tebing Tinggi 2 = 0,109 Ohm

Demikian lah surat pernyataan ini dibuat agar dapat digunakan dengan seperlunya dan dengan sebaik-baiknya. Terimakasih

HAR Proteksi



M.Lutfhi Fazawi



LEMBARAN ASISTENSI

Nama : ADAM PANGESTU  
NPM : 1507220109  
Asistensi : Dosen Pembimbing I  
Judul : ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI  
KAWAT SALURAN TERHADAP SETTING RELAI  
JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI  
PAYA PASIR)

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	10/12 - 2018	Ace Indal Relai hubung Kijim Teri	
2	20/12 - 2018	Perbiti format pemli dan ruas sub relay TA	
3	25/1 - 2019	Perbiti ruas dan sub format pemli	
4	26/1 - 2019	Perbiti data pemli	
5	31/1 - 2019	Relai hubung pemli TA	
6	7/2 - 2019	Perbiti levelalan pgetih dan relai hubung	
7	12/2 - 2019	Relai pemli dan Ace danis TA	

Dosen Pembimbing I

(Noorly Evalina, S.T, M.T)



**TUGAS AKHIR**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
Kampus Utama Umsu, Jln. Kapt. Mucktar Basri no.3 Medan 20238, Telp (061) 661059

**LEMBARAN ASISTENSI**

**Nama : ADAM PANGESTU**  
**NPM : 1507220109**  
**Asistensi : Dosen Pembimbing II**  
**Judul : ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP SETTING RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR)**

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	28/11-2018	- Latar belakang sehubungan dengan referensi yg pernah diteliti - Singkatkan antara Rumusan Masalah dan Tujuan Masalah	
2	5/12-2018	- Bab II format tulisan kemas, gambar perbaikan - Lanjutkan Bab III	
3	16/1-2019	- Buat Teknik analisis data di Bab III - Lanjut bab IV.	
4	24/1-2019	- Perbaiki tata letak data di Bab III - di bab IV masalah kinerja relay setelah di cek ulang	
5	30/1-2019	- Lanjut kesimpulan. - Grafik di bab III (grafik hasil).	
6	31/1-2019	Tabel hasil perhitungan % deviasi - abstract.	
7	1/2-2019	Daftar pustaka, lampiran data riset.	
8	6/2-2019	ACC untuk di seminarikan.	

**Dosen Pembimbing II**

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T)

# ANALISA PENGARUH PERUBAHAN IMPEDANSI KAWAT SALURAN TERHADAP *SETTING* RELAI JARAK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV (GI PAYA PASIR)

Adam Pangestu<sup>1)</sup>, Noorly Evalina,S.T,M.T<sup>2)</sup>, Faisal Irsan Pasaribu,S.T,M.T<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>2,3)</sup> Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: [adampangestu15@gmail.com](mailto:adampangestu15@gmail.com)

**ABSTRAK** - Seiring dengan pesatnya permintaan energi listrik di Indonesia, kehandalan sistem tenaga listrik menjadi kunci dalam memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat. Saluran transmisi merupakan salah satu komponen penting dalam penyaluran tenaga listrik. Saluran transmisi harus dirancang dengan mempertimbangkan berbagai aspek, oleh karena itu sistem proteksi saluran transmisi haruslah bekerja dengan sensitif, selektif, cepat, dan handal. Sistem proteksi merupakan suatu bagian dari sebuah sistem tenaga listrik yang sangat penting untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen. Relai jarak tergolong dalam salah satu bagian dari sistem proteksi yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan cepat. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh perbedaan impedansi kawat saluran terhadap setting relai jarak dan mengetahui serta menganalisa kinerja relai jarak agar dapat bekerja secara cepat dan maksimal. Dalam penelitian ini akan dianalisa berbagai data pendukung yang didapatkan dari PT PLN (PERSERO) untuk mengetahui settingan relai jarak pada beberapa zona. Setting pada relai jarak berpengaruh terhadap kinerja pengaman saluran transmisi. Setting yang tidak tepat akan menyebabkan relai jarak lambat atau gagal bekerja. Perhitungan nilai setting impedansi menggunakan kawat penghantar yang berbeda mendapat nilai setting impedansi yang berbeda pula. Perbedaan impedansi gangguan pada setiap penggunaan kawat penghantar, maka jarak gangguan juga akan berbeda. Semakin besar impedansi gangguan, maka akan mengakibatkan jarak gangguan semakin besar atau semakin jauh pada saluran transmisi.

**Kata kunci** : Saluran Transmisi, Sistem Proteksi, Relai Jarak, Impedansi.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya permintaan energi listrik di Indonesia, kehandalan sistem tenaga listrik menjadi kunci dalam memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat. Hal ini disebabkan karena semakin banyak aktivitas manusia yang memerlukan energi listrik.

Kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang baik merupakan dambaan bagi setiap konsumen energi listrik. Dalam hal ini PT PLN sebagai perusahaan nasional yang bergerak dalam bidang ketenagalistrikan terus berusaha untuk meningkatkan sistem tenaga listrik yang handal dan mengembangkan seluruh potensi yang sudah dimiliki, sehingga diharapkan mampu mengatasi kebutuhan masyarakat akan energi listrik yang memadai, aman, handal, kontinu, dan ekonomis.

Relai jarak merupakan proteksi utama pada penghantar transmisi baik tegangan 150 KV maupun 500 KV. Relai jarak digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan bagian penting dari sebuah proses penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Dengan begitu sistem transmisi harus dirancang dengan memikirkan segala aspek keamanan, keandalan, dan ramah lingkungan. Pada dasarnya saluran transmisi adalah sebuah sistem yang mempunyai ketetapan nilai yang berubah-ubah terhadap gangguan atau keadaan yang ada. Agar pemadaman tidak meluas yang diakibatkan berbagai gangguan, maka diperlukan pengaman yang dapat memerintah pemutus tenaga untuk memisahkan bagian saluran yang mengalami gangguan. Pengaman yang banyak digunakan adalah relai jarak (*distance relay*), dimana bila settingannya dilaksanakan dengan baik, maka akan dapat melokalisasi gangguan, sehingga yang bekerja hanya alat yang paling dekat dengan lokasi gangguan.

karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penytelannya yang relatif mudah (Muh.Safar 2010).

Menurut Wahyu Prasetyo (2017) *Setting* relai jarak sangat berpengaruh pada kehandalan pengamanan relai jarak itu sendiri, dengan melakukan *setting* yang tidak tepat dapat mengakibatkan relai jarak tidak bekerja secara maksimal dan bahkan dapat mengakibatkan relai gagal berfungsi, sehingga penanganan gangguan dapat memakan waktu lebih lama dan dapat menciptakan kerugian yang begitu besar. Oleh karena itu nilai *setting* relai jarak harus

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Saluran Transmisi

Pusat-pusat listrik, biasa juga disebut sentral-sentral listrik (*electric power station*). Pusat listrik biasanya jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik digunakan. Oleh karena itu, energi listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui saluran-saluran transmisi. Pemakaian saluran transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit listrik ke pusat beban. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi transmisi akibat jatuh tegangan.

### 2.2 Kawat Penghantar

Kawat penghantar adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik yang lain. Kawat penghantar yang baik yaitu kawat yang memiliki resistansi yang kecil sehingga minimnya nilai rugi-rugi tegangan agar dapat tegangan sampai ke beban dengan maksimal.

### 2.3 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Semua bahan memiliki beberapa tingkah hambatan listrik, yang menyebabkan beberapa energi akan hilang sebagai panas, dan mengurangi aliran arus. Dalam arus bolak balik (AC) ada faktor yang berkontribusi terhadap impedansi yakni : kapasitansi dan induktansi atau biasa dikenal sebagai reaktansi, yang merupakan ukuran dari hambatan terhadap perubahan arus yang tergantung pada frekuensi, dan pada komponen sirkuit.

### 2.4 Relai Jarak

Relai adalah sebuah alat yang bekerja membuka dan menutup secara otomatis karena beroperasinya peralatan lain dibawah pengaturan elektrik. Relai proteksi adalah sebuah alat listrik yang bekerja secara otomatis mendeteksi keadaan abnormal dalam rangkaian listrik dan memberikan sinyal ke CB untuk mengisolasi bagian yang terganggu. Dalam beberapa hal relai proteksi

diperhatikan dengan benar sehingga relai dapat bekerja secara maksimal. Perubahan *setting* relai jarak dilakukan pada saat terjadi perubahan penghantar yang digunakan pada sistem transmisi. Perubahan penghantar diakibatkan salah satu faktor yaitu usia pemakaian penghantar. Perubahan impedansi saluran dari berbagai jenis penghantar juga dapat mengakibat perubahan *setting* relai jarak [1].

hanya cukup memberikan alarm atau nyala lampu. Relai jarak adalah relai penghantar yang prinsip kerjanya berdasarkan pengukuran impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh relai adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari sebuah saluran. Relai jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur didalam batas *setting*nya, maka relai akan bekerja. Disebut relai jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran.

### 2.5 Penentuan Zona

Jangkauan zona 1 harus mencakup seluruh saluran yang diproteksi. Namun dengan mempertimbangkan adanya kesalahan-kesalahan dari data konstanta saluran seperti CT, PT, dan peralatan-peralatan lainnya sebesar 20 %, maka zona 1 di set (80 % dari panjang saluran yang diamankan.

$$\text{Zona 1} = 0,8 \times \text{ZL1}$$

Dimana :

ZL1 = Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

Waktu kerja relai adalah seketika, sehingga dilakukan penyetelan waktu dengan  $T1 = 0$  detik.

Area perlindungan zona 2 relai jarak mencakup 20% daerah yang tidak di proteksi oleh zona 1 di tambah 50% untuk penghantar saluran berikutnya. Zona 2 disetting dengan perlambatan waktu saat pengoperasiannya, sehingga persamaan sistematiknya dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Zona 2} = 0,8 (\text{ZL1} + 0,8 \times \text{ZL2})$$

Dimana :

ZL1 = Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL2 = Impedansi saluran berikutnya yang di amankan (ohm)

Waktu kerja relai jarak pada zona 2 adalah  $t = 0,4$  detik.

Jangkauan zona 3 harus mencakup dua busbar GI didepannya. Mempertimbangkan sisa penghantar yang tidak dilindungi pada zona 1 dan zona 2. Penentuan perlindungan zona 3 diukur dari sisa penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2 sepanjang 50% dan masih mampu melindungi 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya dengan waktu pengoperasiannya lebih lambat ( $t_3$ ) maka persamaan penulisan sistematika pada zona 3 dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut :

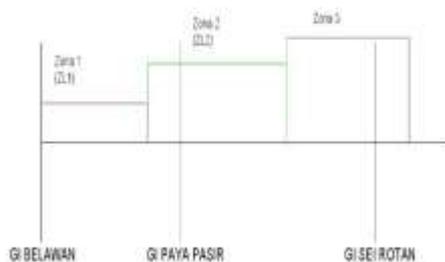
$$Z_3 \text{ min} = 1,6 (ZL_1 + ZL_2)$$

Dimana :

$ZL_1$  = Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

$ZL_2$  = Impedansi saluran berikutnya yang diamankan (ohm)

Seperti halnya pada penyetelan zona 2, maka pada zona 3 harus menjadi pengaman cadangan pada seksi berikutnya secara keseluruhan, maka  $T_3$  dinaikkan satu tingkat dengan *setting* ( $t_3 = 1,6$  detik).



### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah

#### 3.2 Data Penelitian

a. Data Rasio CT dan PT

1. GI Belawan 1 – GI Paya Pasir

CT = 4000 : 5

PT = 150.000 : 100

2. GI Belawan 2 – GI Paya Pasir

4. GI Paya Pasir – GI Sei Rotan 2

CT = 2000 : 5

PT = 150.000 : 100

b. Panjang Saluran Transmisi

GI Belawan – GI Paya Pasir = 6,2

Km

GI Paya Pasir – GI Sei Rotan =

23,72 Km

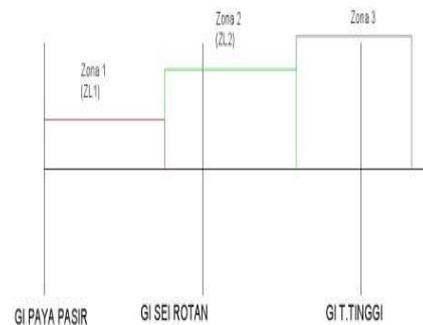
GI Sei Rotan – GI Tebing Tinggi =

53,49 Km

c. Data Kabel Penghantar

Tabel 9. Data Kabel ACCC Belawan 1

Gambar 1. Zona perlindungan relai jarak GI Belawan - GI Paya Pasir



Gambar 2. Zona perlindungan relai jarak GI Paya Pasir - GI Sei Rotan

#### 2.6 Menentukan Letak Gangguan

Dengan nilai impedansi yang dibaca oleh relai, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung oleh letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak yang terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL_1}$$

Dimana :

CT = Rasio CT

PT = Rasio PT

L = Panjang Saluran (Km)

$ZL_1$  = Impedansi Saluran (Ohm)

Sumatera Utara Kampus III UMSU Jalan Kapten Muchtar Basri Glugur Darat II No.3 Medan.

CT = 4000 : 5

PT = 150.000 : 100

3. GI Paya Pasir – GI Sei rotan 1

CT = 1000 : 1

PT = 150.000 : 100

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	2 x 550	mm <sup>2</sup>
Kapasitas	3600	A
Impedansi	0,6229	Ohm/km

Tabel 10. Data Kabel ACCC Belawan 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	2 x 550	$mm^2$
Kapasitas	3600	A
Impedansi	0,6229	Ohm/km

Tabel 11. Data Kabel ACSR Sei Rotan 1

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACSR	-
Luas Penampang	1 x 300	$mm^2$
Kapasitas	740	A
Impedansi	0,418	Ohm/km

Tabel 12. Data Kabel ACSR Sei rotan 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACSR	-
Luas Penampang	1 x 300	$mm^2$

Kapasitas	740	A
Impedansi	0,057	Ohm/km

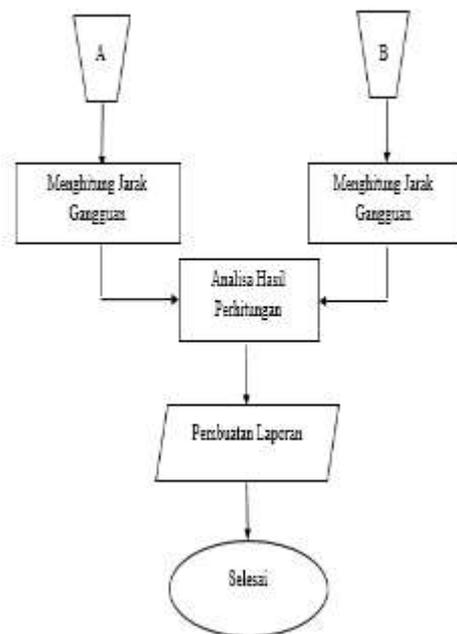
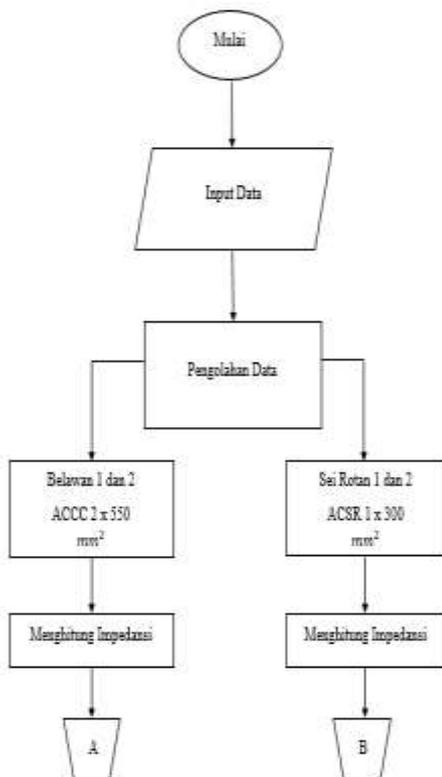
Tabel 13. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 1

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	1 x 310	$mm^2$
Kapasitas	1275	A
Impedansi	0,109	Ohm/km

Tabel 14. Data Kabel ACCC Tebing-Tinggi 2

ITEM	URAIAN	SATUAN
Tipe	ACCC	-
Luas Penampang	1 x 310	$mm^2$
Kapasitas	1275	A
Impedansi	0,109	Ohm/km

### 3.3 Diagram Alir



Gambar 3. Flowchart Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan analisa data *setting* relai jarak maka didapatkan selisih perbandingan nilai impedansi antara *setting* relai jarak GI Belawan – GI Paya Pasir, GI Paya Pasir – GI Sei Rotan dengan perhitungan analisa berdasarkan teori yang telah di pelajari adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Pengaturan *Setting* Relai Jarak

No	Saluran	Pembagian Zona	Setting Lapangan	Secara Teori
1	Belawan I – Paya Pasir I	Zona 1	3,09 Ohm	3,08 Ohm
		Zona 2	5,56 Ohm	9,43 Ohm
		Zona 3	7,8 Ohm	22,03 Ohm
2	Belawan II – Paya Pasir II	Zona 1	3,09 Ohm	3,08 Ohm
		Zona 2	5,56 Ohm	3,95 Ohm
		Zona 3	7,8 Ohm	8,3 Ohm
3	Paya Pasir I – Sei Rotan I	Zona 1	5,45 Ohm	7,9 Ohm
		Zona 2	7,15 Ohm	11,6 Ohm
		Zona 3	10 Ohm	25,14 Ohm
4	Paya Pasir II – Sei Rotan II	Zona 1	2,2 Ohm	1,08 Ohm
		Zona 2	3,1 Ohm	4,7 Ohm
		Zona 3	3,8 Ohm	11,4 Ohm

Berdasarkan hasil diatas didapatkan bahwa terdapat perbedaan antara *pen-settingan* relai jarak dengan hasil analisa perhitungan secara teori yang dimungkinkan beberapa faktor yang mampu mempengaruhi perubahan suatu impedansi pada relai itu sendiri yaitu :

#### 5. PENUTUP

##### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Kondisi di lapangan
2. *Human errors*
3. Faktor infeed

Kinerja relai jarak yang baik pada saluran transmisi 150 KV tergantung pada masing-masing saluran sebab masing-masing saluran terdapat perbedaan impedansi kawat saluran. Untuk mendapatkan kinerja relai jarak yang baik juga harus tepat dalam melakukan pembagian zona karena dalam pembagian zona akan terdapat masing-masing waktu dalam mengisolir gangguan. Jika salah dalam melakukan pembagian zona maka akan berakibat buruk terhadap saluran sebab gangguan akan menyebar ke daerah yang tidak terkena gangguan.

Berikut ini merupakan hasil perbandingan jarak gangguan antar saluran.

Tabel 8. Pembacaan Gangguan

No	Impedansi Gangguan (Ohm)	Letak Gangguan			
		Belawan I – Paya Pasir I	Belawan II – Paya Pasir II	Paya Pasir I – Sei Rotan I	Paya Pasir II – Sei Rotan II
1	5	4,2 Km	4,2 Km	7,89 Km	22,8 Km
2	10	8,51 Km	8,51 Km	15,7 Km	45,6 Km
3	12	10,2 Km	10,2 Km	18,9 Km	54,8 Km

Hasil perhitungan letak gangguan antara masing-masing penghantar berbeda. Dengan impedansi gangguan yang sama namun tetap menunjukkan letak gangguan yang berbeda. Impedansi gangguan dengan letak gangguan berbanding lurus, jika impedansi gangguan naik maka letak gangguan juga akan naik dan begitu juga sebaliknya.

1. Perbedaan jenis kawat saluran mempengaruhi *setting* relai jarak disebabkan karena setiap kawat saluran mempunyai impedansinya masing-masing. Semakin tinggi nilai impedansi kawat saluran maka

- semakin tinggi nilai *setting* relai jarak.
2. Nilai *setting* relai jarak saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I pada zona 1 (3,08 Ohm), zona 2 (9,43 Ohm), zona 3 (22,03 Ohm). Saluran transmisi Belawan II – Paya Pasir II pada zona 1 (3,08 Ohm), zona 2 (3,95 Ohm), zona 3 (8,3 Ohm). Saluran transmisi Paya Pasir I – Sei Rotan I pada zona 1 (7,9 Ohm), zona 2 (11,6 Ohm), zona 3 (25,14 Ohm). Saluran transmisi Paya Pasir II – Sei Rotan II pada zona 1 (1,08 Ohm), zona 2 (4,7 Ohm), zona 3 (11,4 Ohm). Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 8,51 Km, saluran Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 8,51 Km, saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 15,7 Km, saluran Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 45,6 Km. Gangguan sebesar 12 Ohm pada saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 10,2 Km, saluran Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 10,2 Km, saluran Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 18,9 Km, saluran Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 54,8 Km. Impedansi gangguan semakin besar
  3. Kinerja relai jarak pada saluran transmisi berbeda pada setiap saluran karena masing-masing saluran memiliki perbedaan nilai impedansi. Gangguan sebesar 5 Ohm pada saluran transmisi Belawan I – Paya Pasir I terdeteksi pada jarak 4,2 Km, saluran transmisi Belawan II – Paya Pasir II terdeteksi pada jarak 4,2 Km, saluran transmisi Paya Pasir I – Sei Rotan I terdeteksi pada jarak 7,89 Km, saluran transmisi Paya Pasir II – Sei Rotan II terdeteksi pada jarak 22,8 Km. Gangguan sebesar 10 Ohm pada saluran transmisi maka jarak letak gangguan akan terdeteksi semakin jauh pada saluran

## 5.2 Saran

Tentunya penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini. Salah satunya adalah dengan tidak menggunakan software DIGSILENT PowerFactory (Digital Simulation and Electrical Network Calculation Program). Kedepan diharapkan adanya penggunaan dari software tersebut untuk pengembangan dari penelitian ini. Ditambah lagi jika memang memungkinkan untuk diteliti lebih lanjut, penulis ingin agar memperhatikan *arus Infeed*, impedansi pembangkit (sumber) tergantung dari keinginan dan kemampuan.

Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 KV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu, P.(n.d). Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Akibat Penggantian Penghantar SUTT 150KV Klaten-Peda.
- [2] Ilmiah, P., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono.
- [3] Elektro, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2015). Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak ( Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli – Banda Aceh ).
- [4] Kusuma, A. P. (n.d.). Evaluasi Setting Rele Jarak Transmisi 150 KV Senggiring - Singkawang.
- [5] Ilmiah, P., Ilmiah, P., Ariyanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Studi Analisa
- [6] Sepang, J. B., Patras, L. S., Lisi, F., & Elektro-ft, J. T. (n.d.). Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 KV Area Gardu Induk Otam – Gardu Induk Isimu, 148–158.
- [7] Hidayat, A. W., Gusmedi, H., Hakim, L., & Despa, D. (n.d.). Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung.
- [8] Panjaitan, B. 2012. *Praktik-Praktik Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Andi
- [9] Panjaitan, B. 1998. *Teknologi Pengendalian Sistem Tenaga Listrik Berbasis Scada*. Jakarta : Prehalindo.
- [10] B,Ravindranath and Chander. 1987. *Power System Protection And Switchgear*. Singapore : Jhon Wiley and Sons (SEA).

- [11] Samulah, Hazairin. 2004. *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Palembang : Unsri.
- [12] Komari dan Soekarto. 1995. *Loka Karya Bidang Proteksi*. Udiklat Semarang : PT PLN (Persero).
- [13] Abdul, Khadir. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.
- [14] Bayliss, C and Brian. 2007. *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. France : Elsevier.

## RIWAYAT HIDUP



Nama : ADAM PANGESTU  
NPM : 1507220109  
TTL : Medan, 04 Agustus 1997  
Alamat : Jl.Baru Link.15 Kel.Terjun Kec.Medan-Marelan  
Email : adampangestu15@gmail.com

## RIWAYAT PENDIDIKAN

TK Dr.Wahidin Sudirohusodo : Tahun 2002 – 2003  
SD Dr.Wahidin Sudirohusoso : Tahun 2003 – 2009  
SMPN 20 Medan : Tahun 2009 – 2012  
SMAS Brigjend Katamso II Medan : Tahun 2012 – 2015  
Universitas Muhammadiyah : Tahun 2015 – 2019  
Sumatera Utara, Fakultas  
Teknik Elektro

