

TUGAS AKHIR

ANALISA TRAVELING WAVE SIGNAL SEBAGAI PENGUAT
DAN PEMBANDING RELAI JARAK DALAM MENENTUKAN
TITIK GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PT
PLN (PERSERO) GARDU INDUK GLUGUR

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjan Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :
MUHAMMAD DAFFA APRILIO
1707220006



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Daffa Aprilio
NPM : 1707220006
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Traveling Wave Signal Sebagai Penguat Dan
Pembanding Relai Jarak Dalam Menentukan Titik Gangguan
Pada Saluran Transmisi 150 KV PT PLN (Persero) Gardu
Induk Glugur
Bidang ilmu : Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Agustus 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M.

Dosen Penguji I



Ir. Yusniati, M.T

Dosen Penguji II



Noorly Evalina, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Daffa Aprilio
Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 09 April 1998
NPM : 1707220006
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Traveling Wave Signal Sebagai Penguat Dan Pembanding Relai Jarak Dalam Menentukan Titik Gangguan Pada Saluran Transmisi 150 KV PT PLN (Persero) Gardu Induk Glugur”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil 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/kesarjanaan 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, 31 Agustus 2021

Saya yang menyatakan,



1051AJX335081848

Muhammad Daffa Aprilio

ABSTRAK

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. Sub sistem transmisi yang sangat penting, maka diperlukan sistem proteksi untuk melindungi saluran transmisi dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan. Sistem proteksi yang digunakan pada saluran transmisi salah satunya adalah relai jarak (distance relay). Relai jarak digunakan karena kemampuannya menghilangkan gangguan dengan cepat serta penyetelannya yang relatif mudah. Kelistrikan sangat penting bagi kehidupan manusia dimana gangguan harus dapat di minimalisir secara cepat dan tepat dengan mengetahui lokasi titik gangguan. Maka dari itu sistem transmisi tidak hanya menggunakan relai jarak saja sebagai proteksi untuk melindungi dan mengetahui lokasi titik gangguan tetapi juga menggunakan alat tambahan sebagai penguat dan pembanding untuk mengetahui lokasi gangguan yang akurat dan alat yang digunakan adalah traveling wave signal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa traveling wave signal dalam menentukan jarak titik gangguan yang terjadi di GI Glugur, dengan cara menggunakan metode gelombang berjalan yang dimana komponen frekuensi tinggi dapat diambil dari satu titik perhitungan dan analisis dari sinyal yang diambil dapat dilakukan dengan membandingkan jarak relatif puncak saat terjadi gangguan dengan sinyal gelombang pada saat normal dalam menentukan jarak titik gangguan. Kemudian membandingkan perhitungan jarak titik gangguan dengan menggunakan data nilai impedansi gangguan dan data traveling wave signal yang benar terjadi di GI Glugur dimana menggunakan metode perhitungan gelombang berjalan dan perhitungan nilai impedansi gangguan kemudian hasil yang didapat dibandingkan dan didapat dari persentase error perhitungan menggunakan metode travelling wave signal tidak ada yang melebihi 0,5 % sedangkan dengan metode perhitungan nilai impedansi gangguan semua melebihi 1%. Dan kinerja relai jarak tidak berpengaruh tanpa dibantu oleh travelling wave signal dalam menentukan jarak titik gangguan.

Kata kunci : Saluran Transmisi, Relai Jarak, Travelling Wave Signal, Gelombang Berjalan, Impedansi Gangguan.

ABSTRACT

Continuity of good electricity distribution is the dream of every consumer of electrical energy. In this case, PT PLN as a national company engaged in the electricity sector continues to strive to improve the electric power system. The transmission sub-system is very important, so a protection system is needed to protect the transmission line from damage caused by interference. One of the protection systems used in transmission lines is distance relay. Distance relays are used because of their ability to eliminate interference quickly and their relatively easy setup. Electricity is very important for human life where disturbances must be minimized quickly and precisely by knowing the location of the fault point. Therefore, the transmission system does not only use distance relays as protection to protect and determine the location of interference points but also uses additional tools as amplifiers and comparisons to determine accurate fault locations and the tool used is traveling wave signal. This study aims to analyze the traveling wave signal in determining the distance of the point of disturbance that occurs in the GI Glugur, by using the traveling wave method where high frequency components can be taken from a single point of calculation and analysis of the signal taken can be done by comparing the relative distances of the peaks when interference occurs with the wave signal at normal times in determining the distance of the interference point. Then compare the calculation of the distance of the fault point using the fault impedance value data and the traveling wave signal data that actually occurs at the Glugur GI where using the traveling wave calculation method and the interference impedance calculation method then the results obtained are compared and obtained from the percentage error calculation using the traveling wave signal method. nothing exceeds 0.5% while the fault impedance calculation method exceeds 1%. And the performance of the distance relay has no effect without being assisted by a traveling wave signal in determining the distance of the interference point.

Keywords : *Transmission Line, Distance Relay, Traveling Wave Signal, Traveling Wave, Impedance.*

KATA PENGANTAR

Dengan nam Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karuni dan nikmat yang tiada terikira. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Analisa Traveling Wave Signal Sebagai Penguat Dan Pembanding Relai Jarak Dalam Menentukan Titik Gangguan Pada Saluran Transmisi 150 Kv PT PLN (Persero) Gardu Induk Glugur” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik sarjana teknik pada program studi teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari 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. Bapak (Ratno Herawan) dan Ibu (Widok Darlina) tercinta, yang telah mendidik dan membesarkan penulis dengan cinta kasih sehingga penulis bisa seperti ini.
3. Bapak Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M, selaku dosen pembimbing yang telah banyak membimbing, memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T, selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Partaonan Harahap S.T, M.T, selaku sekretaris Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Segenap bapak dan ibu dosen di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Bapak/ibu staf administrasi biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Rekan kerja dan sahabat penulis : Muhammad Lutfhi Fazawi S.T, Ari Andrian S.T, Dedi Wardani Tarigan, Ryan Alfayet, Adam Sutansa Tanjung, Ari Wahyudi dan masih banyak lagi yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
10. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik Elektro terutama kelas A3 Malam

Proposal tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran penulis di masa depan. Semoga proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 31 Agustus 2021



Muhammad Daffa Aprilio

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Sistem Tenaga Listrik	7
2.3 Gardu Induk (GI)	8
2.3.1 Jenis-Jenis Gardu Induk	8
2.3.2 Fungsi Gardu Induk	11
2.3.3 Peralatan-Peralatan Gardu Induk	12
2.4 Saluran Transmisi	13
2.5 Kawat Penghantar	14
2.6 Impedansi	15
2.7 Sistem Proteksi	16
2.8 <i>Traveling Wave Signal Fault Locator</i> (TWS FL)	18
2.8.1 Metode Pengukuran Jarak Dengan <i>Traveling Wave Signal</i>	19
2.9 Relai Jarak (<i>Distance Relay</i>)	24
2.9.1 Prinsip Kerja Relai Jarak	24
2.9.2 Karakteristik Relai Jarak	25
2.10 Zona Proteksi	27
2.10.1 Proteksi Utama (zona 1)	28
2.10.2 Proteksi Cadangan Jauh (zona 2)	28
2.10.3 Proteksi Cadangan Jauh (zona 3)	29

2.11	Menentukan Jarak Gangguan	29
2.12	Teori Gelombang Berjalan	30
2.13	Persentase Error Jarak Lokasi Gangguan	32
BAB III METODE PENELITIAN		33
3.1	Tempat dan Waktu	33
3.1.1	Tempat	33
3.1.2	Waktu	33
3.2	Bahan dan Alat	34
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	35
3.4	Prosedur Penelitian	36
3.5	Metode Pengambilan Data Gangguan Pada Traveling Wave Signal	36
3.6	Analisa Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Data Penelitian.....	38
4.2	Perhitungan Impedansi	39
4.3	Perhitungan Zona.....	40
4.4	Impedansi Yang Dilihat Relay	41
4.5	Menentukan Jarak Gangguan	43
4.5.1	Perhitungan Jarak Titik Gangguan Dengan <i>Traveling Wave Signal</i>	43
4.5.2	Perhitungan Jarak Titik Gangguan Dengan Impedansi Gangguan	47
4.6	Perbandingan Hasil Data Perhitungan Jarak Titik Gangguan	50
BAB V PENUTUP.....		52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	33
Tabel 4.1 data penghantar titikuning-berastagi	38
Tabel 4.2 data penghantar berastagi-kotacane	39
Tabel 4.3 data gangguan pada penghantar titikuning-berastagi.....	39
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Dengan Travelling Wave Signal	46
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Dengan Nilai Impedansi.....	49
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Jarak Gangguan	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema sistem tenaga listrik.....	7
Gambar 2.2 Gardu Induk (GI)	8
Gambar 2.3 Gardu induk dengan sistem ring busbar.....	9
Gambar 2.4 Gardu induk sistem single busbar	10
Gambar 2.5 Gardu induk satu setengah CB.....	10
Gambar 2.6 Gardu induk sistem double busbar.....	11
Gambar 2.7 Typical komponen sistem proteksi SUTT	15
Gambar 2.8 Contoh Fault Locator TWS & hasil	18
Gambar 2.9 Metode Tipe A dan Diagram Kisi.....	20
Gambar 2.10 Metode Tipe D dan Diagram Kisi.....	21
Gambar 2.11 Metode Tipe E dan Diagram Kisi	22
Gambar 2.12 Metode Pencarian Dengan Traveling Wave Signal	23
Gambar 2.13 Pengaman saluran dengan relai jarak.....	24
Gambar 2.14 Karakteristik relai impedansi	25
Gambar 2.15 Karakteristik mho.....	26
Gambar 2.16 Karakteristik reaktansi	26
Gambar 2.17 karakteristik quadrilateral	27
Gambar 2.18 Zona proteksi relai jarak	27
Gambar 2.19 Zona perlindungan relai jarak Glugur-Payageli.....	29
Gambar 2.20 Bentuk Gelombang Saat Terjadi Gangguan	30
Gambar 4.1 Gangguan Titikuning-Berastagi ke 1 pada jarak 41,66 km.....	43
Gambar 4.2 Gangguan titikuning-berastagi ke 2 pada jarak 26,10 km.....	44
Gambar 4.3 Gangguan titikuning-berastagi ke 3 pada jarak 62,22 km.....	44
Gambar 4.4 Gangguan titikuning-berastagi ke 4 pada jarak 36,16km.....	45
Gambar 4.5 Gangguan titikuning-berastagi ke 5 pada jarak 34,43 km.....	46
Gambar 4.6 Grafik Perhitungan Dengan Travelling Wave Signal	47
Gambar 4.7 Grafik Perhitungan Dengan Nilai Impedansi Gangguan.....	50
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Jarak Gangguan.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan listrik sebagai salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia sudah tidak dapat dipungkiri lagi. Hampir di setiap lini masyarakat menggunakan perangkat elektronik yang membutuhkan daya listrik untuk dapat bekerja. Hal ini disebabkan karena semakin banyak aktivitas manusia yang memerlukan energi listrik. Ketergantungan masyarakat akan listrik menjadikan pasokan listrik menjadi sangat krusial dan harus dipenuhi. Pelayanan yang bersifat kontiniu diperlukan dalam mendukung mutu kualitas tersebut walaupun dalam kenyataanya karena jarak yang sangat jauh dan karen kondisi alam yang akan mengganggu kontiniu penyaluran daya 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, kontiniu, dan ekonomis. (Adam Pangestu 2019)

Sistem yang menyediakan energi listrik adalah sistem tenaga listrik. Dimana dalam sistem tenaga listrik terdiri dari 3 sub sistem, yaitu sub sistem pembangkitan, sub sistem transmisi, dan sub sistem distribusi. Sub sistem transmisi memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyaluran energi listrik dari sub sistem pembangkitan menuju sub sistem distribusi.

Melihat fungsi dari sub sistem transmisi yang sangat penting, maka diperlukan sistem proteksi untuk melindungi saluran transmisi dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan. Sistem proteksi bay penghantar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan/ mengisolir penghantar (saluran udara/ saluran kabel) tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut.(Muhammad Sanusi 2017)

Sistem proteksi yang digunakan pada saluran transmisi salah satunya adalah relai jarak (*distance relay*). Relai jarak digunakan karena kemampuannya menghilangkan gangguan dengan cepat serta penyetelannya yang relatif mudah. Relai jarak akan bekerja bila impedansi yang diukur dari besaran arus CT dan tegangan PT/CVT lebih kecil dari impedansi setelan. Prinsip relai jarak adalah membandingkan nilai arus dan tegangan kemudian membandingkannya dengan nilai seting relai, dari hasil tersebut maka relai akan menentukan apakah dia harus bekerja atau tidak. Diperlukan koordinasi relai yang baik saat terjadinya gangguan pada saluran transmisi. Perhitungan untuk menentukan setting pada relai jarak adalah salah satu cara untuk mendeteksi adanya gangguan pada saluran transmisi. (Rika Ariyanto 2017)

Tetapi di zaman yang modern ini, kelistrikan sangat penting bagi kehidupan manusia dimana gangguan harus dapat di minimalisir secara cepat dan tepat dengan mengetahui lokasi titik gangguan. Maka dari itu sistem transmisi tidak hanya menggunakan relai jarak saja sebagai proteksi untuk melindungi dan mengetahui lokasi titik gangguan tetapi juga menggunakan alat tambahan sebagai penguat dan pembanding untuk mengetahui lokasi gangguan yang akurat dan alat yang digunakan adalah *traveling wave signal*. *Travelling Wave Signal - Fault Locator* merupakan peralatan perekam/pengolah input analog arus, melakukan proses recording dan penentuan lokasi titik gangguan pada saluran transmisi 150 KV maupun 500 KV berdasarkan teori gelombang berjalan secara otomatis pada saat terjadinya gangguan ataupun saat terjadinya perubahan pada impedansi sistem. Melakukan pengolahan data dan pada akhirnya memberikan informasi adanya denyutan pada lokasi gangguan/fault.

Berdasarkan penelitian diatas penulis akan melakukan penelitian dengan membandingkan keakuratan yang dihasilkan oleh traveling wave signal dengan relai jarak dalam menentukan titik gangguan pada saluran transmisi 150 kv. Penulis akan melakukan penelitian dengan judul ANALISA TRAVELING WAVE SIGNAL SEBAGAI PENGUAT DAN PEMBANDING RELAI JARAK DALAM MENENTUKAN TITIK GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PT PLN (PERSERO) GARDU INDUK GLUGUR.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisa *traveling wave signal* dalam menentukan jarak titik gangguan yang terjadi di GI Glugur?
2. Bagaimana perbandingan perhitungan jarak titik gangguan dengan menggunakan data nilai impedansi gangguan dan data *traveling wave signal* yang benar terjadi di GI Glugur ?
3. Bagaimana kinerja relai jarak jika terjadi gangguan pada saluran transmisi tanpa alat *traveling wave signal*?

1.3 Ruang Lingkup

Agar suatu pembahasan tidak menyimpang dari tujuannya maka diperlukan adanya pembatasan ruang lingkup masalah pada suatu pokok persoalan. Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Membahas zona 1, zona 2 dan zona 3 pada saluran transmisi.
2. Jarak titik gangguan yang dipakai dalam penelitian ini adalah jarak titik gangguan yang benar terjadi pada saat gangguan di saluran transmisi.
3. Data gangguan adalah data yang terdeteksi dari hasil gangguan real pada saluran udara tegangan tinggi tempat dilakukannya penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa *traveling wave signal* dalam menentukan jarak titik gangguan yang terjadi di GI Glugur.
2. Membandingkan perhitungan jarak titik gangguan dengan menggunakan data nilai impedansi gangguan dan data *traveling wave signal* yang benar terjadi di GI Glugur.
3. Mengetahui kinerja relai jarak jika terjadi gangguan pada saluran transmisi tanpa alat *traveling wave signal*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menjaga kehandalan penyaluran energi listrik ke konsumen pada PT PLN (Persero)
2. Memberikan kemudahan informasi dalam melacak lokasi jarak gangguan pada saluran transmisi.
3. Memberikan wawasan dan pengetahuan tentang traveling wave signal.
4. Memberikan informasi keakuratan lokasi gangguan dari perhitungan manual dengan data real gangguan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti di bidang teknik elektro, yaitu :

Menurut (Pangestu Adam, 2019), dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Pengaruh Perubahan Impedansi Kawat Saluran Terhadap Setting Relai Jarak Pada Saluran Transmisi 150 KV (GI Paya Pasir)” 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. Kinerja relai jarak pada saluran transmisi berbeda pada setiap saluran karena masing-masing saluran memiliki perbedaan nilai impedansi. Impedansi gangguan semakin besar maka jarak letak gangguan akan terdeteksi semakin jauh pada saluran transmisi.

Menurut (Sanusi, 2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Gardu Induk Rembang Baru Ke Gardu Induk Pati” rele jarak (*distance relay*) akan bekerja dengan cara menentukan jaringan (trip) apabila nilai impedansi yang dihasilkan akibat gangguan tersebut lebih kecil dari pada impedansi setting relai jarak. Jarak gangguan yang terdeteksi yaitu zona 1 sebesar 80 persen dari impedansi saluran yang diproteksi, pada zona 2 sebesar 120 persen dari impedansi saluran yang diproteksi dan pada zona 3 sebesar impedansi saluran yang diamankan ditambah 80 persen saluran sebelumnya.

(Hamdadi dan Fikriansyah, 2014), mahasiswa Universitas Lampung dengan penelitiannya yang berjudul “Analisa dan Pengaturan Ulang *Relay* Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Keramasan - Bukit asam. Dalam analisisnya didapatkan hasil dari perhitungan berdasar data yang telah didapatkannya selama melakukan penelitian. Hasil yang didapatkan dengan analisa perhitungan setting zona 1, 2, dan 3 dengan data yang ada tidaklah berbeda jauh dengan nilai setting *relay* jarak yang sudah ada pada SUTT 150 KV Keramasan – Bukit Asam. Kemudian *setting* waktu zona 1, dan 2 yang didapat melalui hasil perhitungan dengan nilai setting yang sudah ada pada SUTT 150 KV Keramasan –

Bukit Asam telah sesuai dengan standar seting waktu yang telah ditentukan untuk relai jarak.

Menurut (Ariyanto, 2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 KV Gardu Induk Pedan-Gardu Induk Jajar” rele jarak (*distance relay*) merupakan bagian dari rele proteksi yang sangat tepat untuk melindungi atau sebagai suatu alat pengaman yang digunakan pada saluran transmisi karena memiliki selektifitas yang tinggi, hal ini bisa dilihat dari rele jarak yang mampu memberikan perlindungan pada saluran transmisi dalam 3 zona proteksi, yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3. Perbedaan penyetulan rele jarak dengan hasil analisa perhitungan secara teori dimungkinkan beberapa faktor yang mampu mempengaruhi perubahan suatu impedansi pada rele itu sendiri, diantaranya : faktor infeed, mutual impedance, power swing, pengaruh impedan sumber, pengaruh tahanan gangguan, kondisi di lapangan, serta human errors.

(Mu'tashim, 2017) dengan penelitiannya berjudul “Analisa Penggunaan Relay Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 KV Jajar Ke Gardu Induk 150 KV Banyudono”. Dalam penelitiannya Ooid melakukan perhitungan impedansi pada zona 1, 2, dan 3 dengan data yang telah didapatkan selama penelitian. Dalam penelitiannya beliau juga menghitung arus dan tegangan gangguan ada sistem transmisi serta menentukan letak gangguan. Setelah dilakukan perhitungan tentang nilai impedansi zona 1, 2, 3, perhitungan arus dan tegangan gangguan serta perhitungan menentukan letak gangguan didapatkan lah hasil penelitian.

Hasil yang didapatkan setelah dilakukannya perhitungan dan analisi adalah merupakan kesimpulan. Dimana kesimpulan dalam penilitiannya adalah nilai impedansi kabel SUTT akan semakin besar bila panjang penghantar semakin panjang, relau jarak bekerja sesuai dengan normal dan sesuai dengan ketetapan yang berlaku. Nilai impedansi zona 1, 2, 3 hasil perhitungan dengan nilai *setting* yang ada tidaklah berbeda jauh. Sehingga dikatakan bahwa setting yang ada sudah baik.

(Alamah Amania Radhyana, 2018), dalam penelitiannya yang berjudul “Deteksi Lokasi Gangguan Pada Jaringan Distribusi Dengan Percabangan Menggunakan Metode Gelombang Berjalan” melakukan penelitian dengan deteksi lokasi gangguan yang disimulasikan dengan menggunakan gelombang berjalan

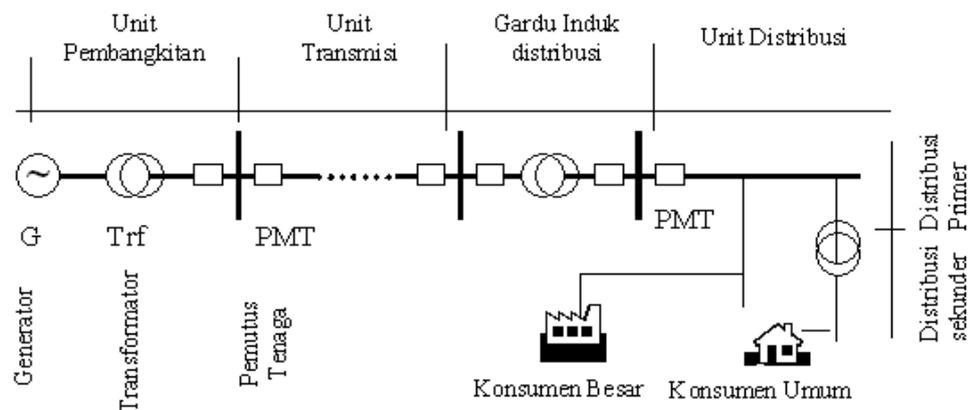
yang disimulasikan dengan matlab simulink. Hasil yang didapat berupa kesimpulan yaitu semakin jauh jarak saluran dari sumber maka kesalahan pendeteksiannya akan semakin besar. Kesalahan penedeteksiian dapat juga diakibatkan karena adanya gelombang pantul dari saluran percabangannya. Dalam mendeteksi lokasi gangguan dengan menggunakan metode gelombang berjalan akan lebih akurat apabila diberi alat deteksi pada ujung jaringan.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh sistem penyaluran (transmisi dan distribusi) sehingga merupakan satu kesatuan sistem.

Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu pembangkit tenaga listrik, penyaluran tenaga listrik dan distribusi tenaga listrik.

Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran (transmisi) dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema sistem tenaga listrik

Didalam sistem tenaga listrik sering kali terjadi gangguan yang dapat merusak peralatan. Untuk melindungi peralatan terhadap gangguan didalam sistem

diperlukan alat pengaman atau proteksi. Sistem pengaman atau proteksi bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya dan keselamatan umum yang disebabkan oleh gangguan.

2.3 Gardu Induk (GI)

Gardu Induk (GI) merupakan sub sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem penyaluran, gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan.



Gambar 2.2 Gardu Induk (GI)

2.3.1 Jenis-Jenis Gardu Induk

Gardu induk dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, baik dari sisi sistem isolasi, dari sisi tegangan, maupun dari sisi pemasangan busbar.

2.3.1.1 Gardu Induk Berdasarkan Sistem Isolasinya

Berdasarkan sistem isolasinya, gardu induk dibedakan menjadi 2 jenis antara lain :

1. Sistem isolasi gas SF₆

Pada jenis gardu induk ini, sistem isolasinya adalah gas SF₆ (*Sulfur Hexafluoride*). Gardu induk jenis ini sering juga disebut GIS (*Gas Insulated Substations*). Dimana bagian yang bertegangan ditempatkan didalam suatu selubung besi yang diisi gas SF₆ sebagai isolasinya. Pemasangan GI jenis ini sangat cocok untuk lahan yang minim, karena pada penerapannya GI jenis ini tidak memerlukan lahan yang begitu luas.

2. Sistem Isolasi Udara

Pada gardu induk jenis ini, sistem isolasinya adalah udara, dimana peralatan listrik yang terpasang di GI diisolasi oleh udara antar fasa ataupun antar peralatannya. Pada GI jenis ini diperlukan lahan yang cukup luas, karena tahanan tembus udara yang tidak begitu baik.

2.3.1.2 Gardu Induk Berdasarkan Tegangannya

Berdasarkan klasifikasi tegangannya, gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

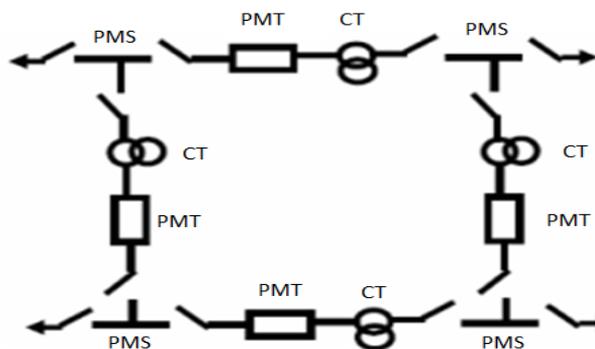
1. GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) pada tegangan 275-500 KV.
2. GITT (Gardu Induk Tegangan Tinggi) pada tegangan 75-150 KV.

2.3.1.3 Gardu Induk Berdasarkan Pemasangan Busbar

Berdasarkan pemasangan sisi busbar. Gardu induk dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut :

1. Gardu Induk Sistem Ring Busbar

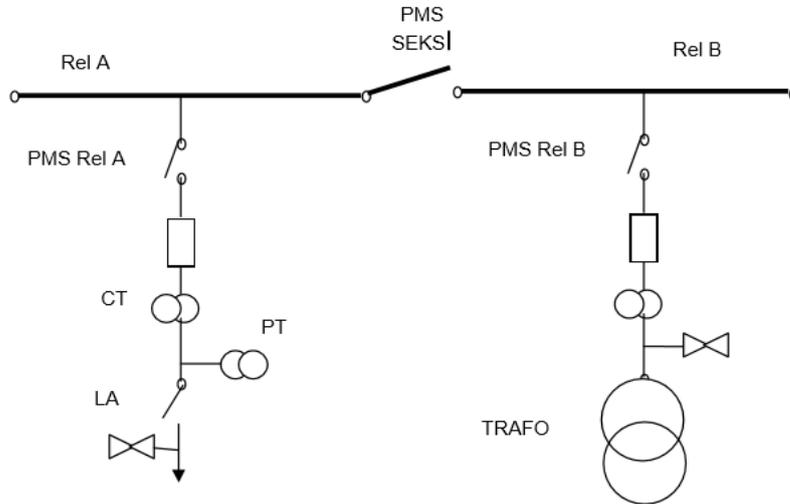
Gardu induk dengan sistem ring busbar ini adalah, dimana semua rel/busbar saling terhubung antara satu sama lain.



Gambar 2.3 Gardu induk dengan sistem ring busbar

2. Gardu Induk Sistem *Single Busbar*

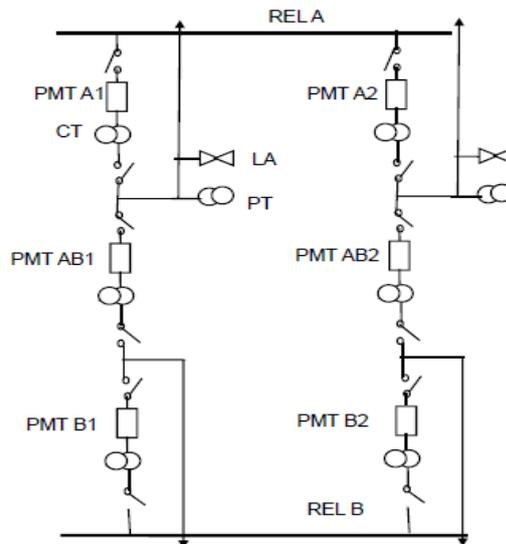
Gardu induk dengan *single busbar* ini merupakan gardu induk yang hanya memiliki satu rel/busbar saja.



Gambar 2.4 Gardu induk sistem single busbar

3. Gardu Induk Dengan Satu Setengah / *One Half Busbar*

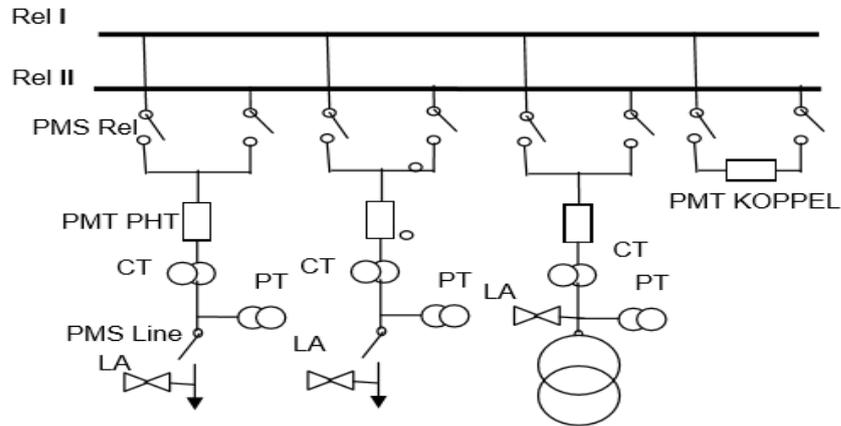
Gardu induk pembangkitan dan gardu induk yang sangat besar menggunakan sistem ini karena sangat efektif dalam segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban saat melakukan perubahan sistem (manuver sistem).



Gambar 2.5 Gardu induk satu setengah CB

4. Gardu Induk Dengan *Double Busbar*

Gardu induk jenis ini memiliki dua busbar. Jenis ini sangat umum digunakan karena sangat efektif dalam melakukan rekonfigurasi beban ataupun manuver beban.



Gambar 2.6 Gardu induk sistem double busbar

2.3.2 Fungsi Gardu Induk

Fungsi gardu induk secara umum :

1. Mentransformasikan daya listrik :
 - Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500KV/150KV)
 - Dari tegangan tinggi ke tegangan lebih rendah (150KV/75KV)
 - Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150KV/20KV , 75KV/20KV)
 - Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz)
2. Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.
3. Untuk sarana telekomunikasi (umumnya untuk internal PLN) yang kita kenal dengan istilah SCADA
4. Pengaturan pelayana beban ke gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang (feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.
5. Menyalurkan tenaga listrik (KVA,MVA) sesuai dengan kebutuhan pada tegangan tertentu. Daya listrik dapat berasal dari pembangkit atau dari gardu induk lain.

2.3.3 Peralatan-Peralatan Gardu Induk

Gardu induk dilengkapi oleh beberapa peralatan listrik yang berguna untuk menunjang peran gardu induk itu sendiri sebagai suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan ataupun mentransformasikan energi listrik. Diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Lightning Arrester (LA)*

Lightning arrester (LA) memiliki peran penting didalam koordinasi isolasi peralatan gardu induk. Fungsi utama dari *lightning arrester* adalah melakukan pembatasan nilai tegangan pada peralatan gardu induk yang dilindunginya.

2. *Current Transformers (CT)*

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik di sisi primer yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti guna keperluan pengukuran dan proteksi

3. *Potensial Transformers (PT)*

Peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk peralatan indikator, alat ukur / meter dan relai.

4. Transformator Tenaga

Trafo merupakan peralatan statis di man rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus tegangan lain pada frekuensi yang sama.

5. Rel (busbar)

Busbar adalah salah satu komponen penting dalam gardu induk dan merupakan titik pertemuan/tempat terhubungnya semua bus yang ada pada gardu induk tersebut, baik bus line maupun bus trafo.

6. *Circuit Breaker (CB)*

Circuit breaker (CB) atau pemutus tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup,

mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat.

7. *Disconnecting Switch* (DS)

Disconnecting switch (DS) atau pemisah (PMS) suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik tanpa arus beban (memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain yang bertegangan), dimana pembukaan atau penutupan PMS ini hanya dilakukan dalam kondisi tanpa beban.

8. Baterai

Sumber DC berfungsi untuk menggerakkan peralatan kontrol, relai pengaman, motor penggerak CB, DS dan lain-lain.

2.4 Saluran Transmisi

Pusat-pusat listrik, biasa juga disebut sentral-sentral (*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.

Saluran transmisi adalah sistem yang menyalurkan tenaga listrik dengan skala yang besar dari sistem pembangkitan (*power plant*) ke sistem distribusi (*substation distribution*) melalui saluran udara. Pemakaian saluran transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari 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.

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 (EVH) 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 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

2.5 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 tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%) dan aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%). Oleh karena itu digunakan kawat penghantar ACSR. Berikut ini adalah jenis-jenis kawat penghantar aluminium :

- 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 logam campuran

Kawat penghantar tembaga memiliki kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium, karena konduktivitasnya lebih tinggi. Kawat penghantar tembaga juga memiliki kelemahan yaitu untuk besar kawat yang sama, kawat penghantar tembaga lebih berat dibandingkan kawat penghantar aluminium. Selain itu kawat penghantar tembaga juga lebih mahal dibandingkan kawat penghantar aluminium. Hal inilah yang mendasari penggunaan kawat penghantar aluminium pada saluran transmisi.

Untuk memperkuat daya tarik dari kawat penghantar aluminium maka digunakan campuran kawat aluminium (*Aluminium Alloy*). Untuk saluran transmisi dengan tegangan tinggi yang jarak antar tiang menara mencapai ratusan meter maka dibutuhkan kawat penghantar dengan daya tarik yang lebih tinggi, yakni kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran atau ACSR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*)

2.6 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Semua bahan memiliki beberapa tingkat 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 X_C dan X_L . demikian dengan hukum ohm untuk hambatan, impedansi dapat dinyatakan sebagai :

$$Z = \frac{V}{I}$$

Dimana, $Z = \text{Impedansi (ohm)}$
 $V = \text{Tegangan (Volt)}$
 $I = \text{Arus (Ampere)}$

Untuk perhitungan impedansi saluran transmisi, perhitungannya tergantung 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 :

$$Z = \frac{Z_{saluran}}{Z_{base}}$$

Dimana, Z = impedansi penyulang (pu)
 $Z_{saluran}$ = impedansi saluran (ohm)
 Z_{base} = impedansi dasar (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 :

$$Z = R + jx$$

$$Z = R + jXl + jXc$$

$$Z = R + j(Xl + Xc)$$

Dimana : Z = impedansi (ohm)
 R = resistansi (ohm)
 Xl = reaktansi induktif (ohm)
 Xc = reaktansi kapasitif (ohm)

2.7 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 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.

Sistem proteksi bay penghantar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan / mengisolir penghantar (saluran udara/ saluran kabel) tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut. Secara umum, bagian dari sistem proteksi penghantar dapat digambarkan pada gambar 2.10 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Typical komponen sistem proteksi SUTT

Komponen sistem proteksi terdiri dari transformator arus (CT), transformator tegangan (PT/CVT), relai proteksi, pemutus tenaga (PMT), catu daya rangkaian pengawatannya (wiring) dan teleproteksi. Daerah proteksi bay penghantar adalah daerah diantara 2 (dua) atau lebih CT pada gardu-gardu induk berhadapan yang disebut unit proteksi penghantar.

Tingkat keandalan suatu sistem tenaga listrik ditinjau dari frekuensi pemadaman dan waktu pemadaman. Semakin tinggi frekuensi pemadaman dan semakin lama waktu pemadaman, maka tingkat keandalan sistem tenaga listrik tersebut semakin rendah. Pemadaman tersebut biasanya dapat terjadi dikarenakan adanya gangguan pada sistem tersebut, baik berupa gangguan internal sistem ataupun gangguan eksternal dari sistem tenaga listrik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan mekanisme yang dapat menghindari frekuensi pemadaman dan waktu pemadaman yang terlampau sering dalam waktu yang cukup lama. Oleh sebab itu, dibutuhkan sistem proteksi untuk mengamankan jaringan tenaga listrik.

Suatu sistem proteksi jaringan SUTT dapat dibagi dalam dua bagian yakni

:

- a. Proteksi utama

Sistem proteksi yang diharapkan bekerja sesegera mungkin ketika terjadi kondisi abnormal atau gangguan pada daerah pengaman.

b. Proteksi cadangan

Sistem proteksi yang dimungkinkan apabila pengaman utam tidak dapat bekerja. Pada proteksi cadangan ini pula dibagi menjadi dua kategori yaitu :

- Sistem proteksi cadangan lokal

Sistem proteksi cadangan yang dapat bekerja, apabila pengaman utama yang sama gagal bekerja, contoh : pengaman OCR dan GFR

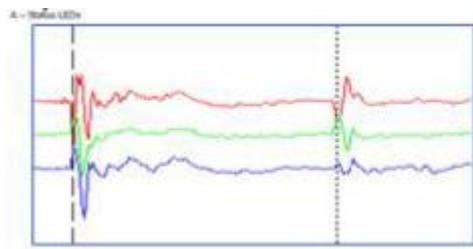
- Sistem proteksi jarak jauh

Sistem proteksi ini dapat bekerja apabila pengaman utama ditempat lain gagal bekerja.

2.8 *Traveling Wave Signal Fault Locator (TWS FL)*

Sistem perekam merupakan komponen yang paling berperan dalam proses evaluasi, memberikan informasi kondisi sistem ketenagalistrikan dan pada akhirnya dapat memberikan input/solusi penyelesaian permasalahan sistem jangka pendek (kondisi gangguan) bahkan memberikan input/solusi untuk rencana jangka panjang.

Traveling wave signal fault locator adalah peralatan perekam/pengolah input analog arus, melakukan proses recording dan penentuan lokasi titik gangguan pada saluran transmisi 150 KV maupun 500 KV berdasarkan teori gelombang berjalan. Gambar 2.11 merupakan contoh TWS



Gambar 2.8 Contoh Fault Locator TWS & hasil

Fault locator merupakan satu kesatuan sistem peralatan yang terdiri dari komponen power suplay (catu daya), CPU (*Central Procesing Unit*) dan sensor yang dapat melakukan proses pengamatan, perekam/record impulse input analog

CT atau CT&PT, secara otomatis pada saat terjadinya gangguan, ataupun saat terjadinya perubahan impedansi sistem. Melakukan pengolahan data dan pada akhirnya memberikan adanya impulse atau denyutan pada lokasi gangguan/fault.

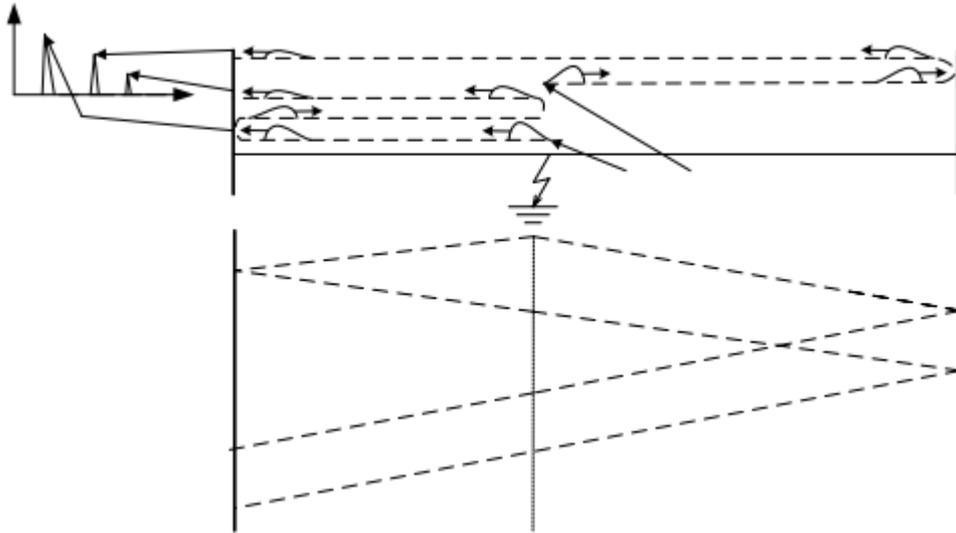
Gambar 2.12 adalah skema khas dua TWS FL yang terpasang di kedua ujung garis *overhead*. Setiap TWS FL memonitor transien arus pada fase A, B, dan C dari transien saluran udara dari kabel perlindungan sekunder CT. Input digital juga disediakan untuk menghubungkan ke relai proteksi atau relai trip ke *flag line* trip. Komputer utama biasanya terletak diruang kontrol dan digunakan untuk mengambil timestamp transien arus dari kedua TWS FL di kedua ujung garis dan menghitung jarak ke *fault*/gangguan.

2.8.1 Metode Pengukuran Jarak Dengan Traveling Wave Signal

Pengukuran jarak gelombang berjalan dapat dibagi menjadi lima jenis: A, B, C, D, dan E, sesuai dengan metode pengukuran yang digunakan. Pengoperasian setiap jenis locator didasarkan pada analisis gelombang elektromagnetik yang masuk yang dihasilkan dari gangguan. Deskripsi hanya jenis pencari A, D, dan E akan disajikan di sini karena metode lain, yaitu, B dan C, sudah terlalu usang dan pencari jarak gelombang berjalan modern tidak menggunakannya.

2.8.1.1 Metode Tipe A

Pencari tipe A melakukan pengukuran pada salah satu ujung garis. Jarak ke lokasi gangguan dihitung dengan mengukur waktu antara saat gelombang yang dibangkitkan oleh gangguan akan mencapai perangkat pencari gangguan dan saat gelombang yang dipantulkan dari lokasi gangguan mencapai lokasi gangguan. Gelombang elektromagnetik dipantulkan sepenuhnya dari lokasi gangguan ketika busur di lokasi gangguan memiliki resistansi yang lebih rendah dari pada impedansi karakteristik saluran. Saluran transmisi dan perambatan gelombang ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Metode Tipe A dan diagram kisi

Jarak ke lokasi gangguan dari gardu induk A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{t_3 - t_1}{2} \times v$$

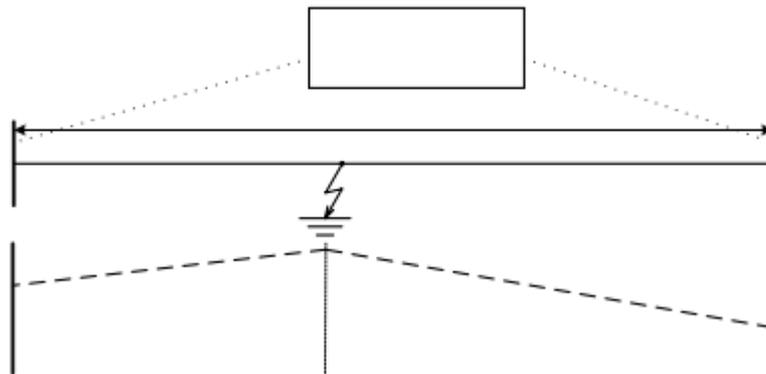
- di mana:
- D : jarak ke lokasi kesalahan (km)
 - t_1 : waktu gelombang pertama yang dibangkitkan di lokasi gangguan tiba di gardu induk A (s)
 - t_3 : waktu gelombang pertama yang dipantulkan dari lokasi gangguan tiba di gardu induk A (s)
 - v : kecepatan gelombang (m/s)

Kesalahan pengukuran locator tipe A tergantung pada durasi busur gangguan, resistansi gangguan, dan masalah dengan identifikasi gelombang yang sesuai. Kesalahan ini dihilangkan dengan penggunaan pencari kesalahan tipe D.

2.8.1.2 Metode Tipe D

Pencari tipe D melakukan pengukuran pada kedua ujung garis. Gelombang yang dihasilkan di lokasi gangguan berjalan dalam arah yang berlawanan, ke gardu induk A dan B, dan mencapai sana dalam beberapa mikrodetik. Untuk penentuan jarak yang benar, pencari kesalahan tipe-D memerlukan penggunaan dua perangkat tersinkronisasi yang dipasang di kedua ujung saluran. Sinkronisasi antar perangkat diwujudkan dengan menggunakan sistem GPS. Pencari kesalahan menentukan perbedaan waktu, ketika gelombang mencapai gardu induk A dan B, yang

kemudian digunakan untuk menghitung jarak ke gangguan. Saluran transmisi dan perambatan gelombang ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Metode tipe D dan diagram kisi

Jarak ke lokasi gangguan dari gardu induk A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

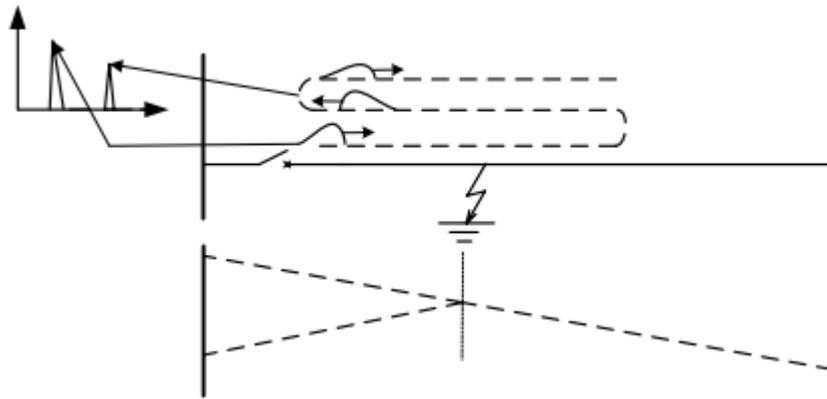
$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2}$$

- Dimana :
- D : jarak lokasi gangguan (km)
 - L : panjang saluran (km)
 - t_A : waktu ketika gelombang pertama dibangkitkan pada lokasi gangguan saat tiba di gardu induk A (s)
 - t_B : waktu ketika gelombang pertama dibangkitkan pada lokasi gangguan saat tiba di gardu induk B (s)
 - v : kecepatan gelombang (m/s)

2.8.1.3 Metode Tipe E

Pencari tipe E melakukan pengukuran pada salah satu ujung saluran transmisi. Mereka menggunakan gelombang yang dihasilkan dengan menutup pemutus tenaga pada saluran transmisi. Dalam pengoperasiannya, metode tipe E mirip dengan metode impuls-reflektometri yang digunakan untuk mencari kesalahan pada kabel. Pemutus tenaga yang menutup pada saluran transmisi dapat diperlakukan sebagai tiga generator impuls terpisah.

Perbedaan waktu antara denyutan yang dihasilkan dengan menutup pemutus tenaga dan impuls yang dipantulkan dari gangguan digunakan untuk menentukan jarak ke gangguan. Prinsip metode tipe E disajikan pada Gambar 2.11



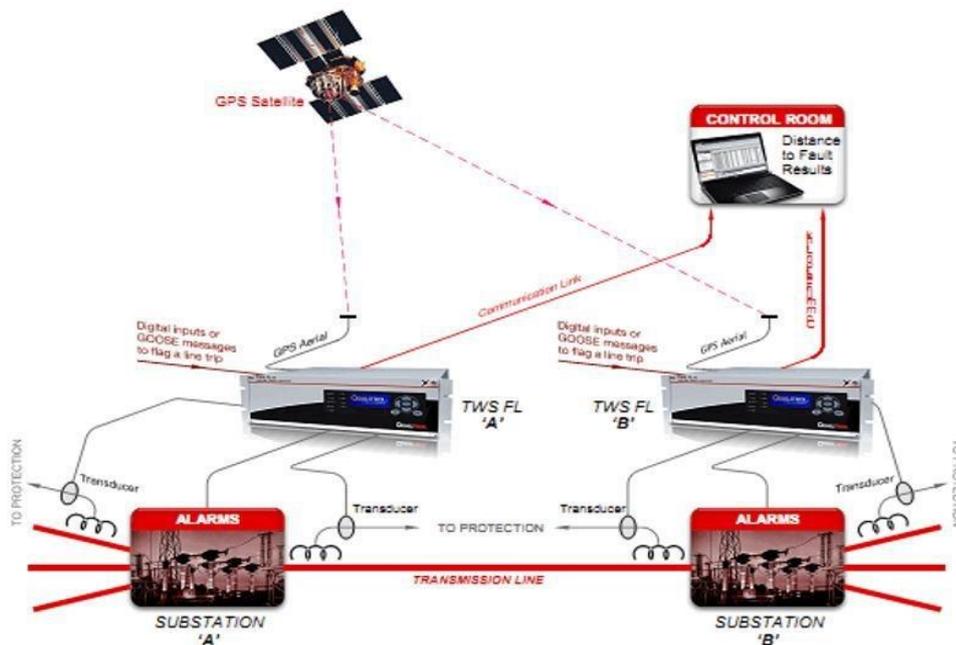
Gambar 2.11 : Metode tipe E dan diagram kisi

Jarak ke lokasi gangguan dari gardu induk A dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$D = \frac{t_2 - t_1}{2} \times v$$

- di mana:
- D : jarak ke lokasi kesalahan (km)
 - t_1 : waktu ketika gelombang dihasilkan dengan menutup pemutus sirkuit[s]
 - t_2 : waktu ketika gelombang pantul mencapai gardu induk [s]
 - v : kecepatan gelombang (m/s)

Metode lokasi gangguan gelombang berjalan yang umum digunakan termasuk A, D, dan E. Metode Tipe E memanfaatkan transien yang dihasilkan ketika pemutus tenaga ditutup ke saluran yang padam dan sangat efisien dalam menemukan kesalahan konduktor rusak. Metode tipe D lebih sederhana dan dianggap memiliki akurasi dan keandalan yang sangat baik dalam operasi lapangan dan juga dilengkapi GPS yang dimana sebagai penguat dalam menentukan jarak gangguan. Metode Tipe A lebih hemat biaya, tetapi keandalannya diragukan oleh kesulitan untuk membedakan refleksi kesalahan dari denyutan yang diperlihatkan oleh refleksi dari saluran lain dan nonlinier busur kesalahan.



Gambar 2.12 Metode Pencarian Dengan Traveling Wave Signal

Pada traveling wave signal sendiri mengikuti metode tipe D dimana pencarian lokasi gangguan dengan melakukan pengukuran di kedua ujung gelombang. Gelombang yang dihasilkan di lokasi gangguan berjalan berlawanan arah menuju gardu induk A dan B dan sampai dalam beberapa mikrodetik. Untuk penentuan jarak yang benar, memerlukan penggunaan dua perangkat yang tersinkronisasi yang dipasang di kedua ujung saluran. Sinkronisasi antar perangkat dilakukan dengan menggunakan sistem GPS. GPS pada travelling wave signal berguna sebagai penguat dalam menentukan titik gangguan dengan cara mensinkronisasi kedua gardu induk yang berhadapan saat terjadi gangguan. Penentuan lokasi gangguan menentukan perbedaan waktu ketika gelombang mencapai gardu induk A dan B, yang kemudian digunakan untuk menghitung jarak gangguan dari gardu induk A dengan menggunakan persamaan berikut :

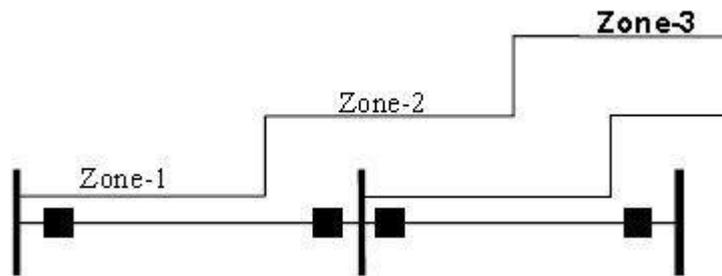
$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2}$$

- Dimana :
- D : jarak lokasi gangguan (km)
 - L : panjang saluran (km)
 - t_A : waktu ketika gelombang pertama dibangkitkan pada lokasi gangguan saat tiba di gardu induk A (s)
 - t_B : waktu ketika gelombang pertama dibangkitkan pada lokasi gangguan saat tiba di gardu induk B (s)

v : kecepatan gelombang (m/s)

2.9 Relai Jarak (*Distance Relay*)

Relai jarak (*Distance Relay*) adalah salah satu jenis pengaman penghantar yang bekerja berdasarkan perbandingan nilai impedansi. Relai jarak akan bekerja bila impedansi yang diukur dari besaran arus CT dan tegangan PT/CVT lebih kecil dari impedansi setelan. Selain sebagai proteksi utama penghantar, relai ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar didepannya. Disebut relai jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang salurannya. Oleh karena itu, relai jarak tidak tergantung pada besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung jarak gangguan yang terjadi pada relai proteksi. Relai jarak bekerja dengan membagi daerah cakupan pengaman yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3, serta dilengkapi dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif didalam pengamannya.



Gambar 2.13 Pengaman saluran dengan relai jarak

2.9.1 Prinsip Kerja Relai Jarak

Prinsip kerja relai jarak berdasarkan pada impedansi saluran transmisi yang besarnya sebanding dengan panjang saluran transmisi tersebut. Prinsip pengukuran jaraknya 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 :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f}$$

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 :

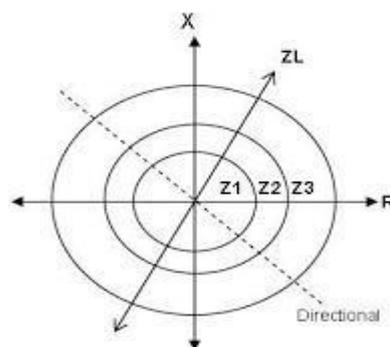
- a. Bila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari impedansi setting relai maka relai akan trip.
- b. Bila nilai impedansi gangguan lebih besar dari pada impedansi setting relai maka relai tidak akan trip.

2.9.2 Karakteristik Relai Jarak

Karakteristik relai jarak merupakan penerapan langsung dari prinsip dasar relai jarak, karakteristik ini biasa digambarkan didalam diagram R-X

- a. Karakteristik impedansi

Karakteristik relai ini mempunyai lingkaran dengan titik pusatnya di tengah-tengah. Kelemahan relai ini adalah tidak berarah, karena kedua besaran yang dibandingkan yaitu arus dan tegangan dibangkitkan secara mekanis, masing-masing kopel yang dibangkitkan tidak tergantung fasanya. Relai akan berkerja untuk gangguan didepan dibelakang relai. Oleh karena itu, relai ini harus dilengkapi dengan relai arah untuk digunakan sebagai relai pengukur.

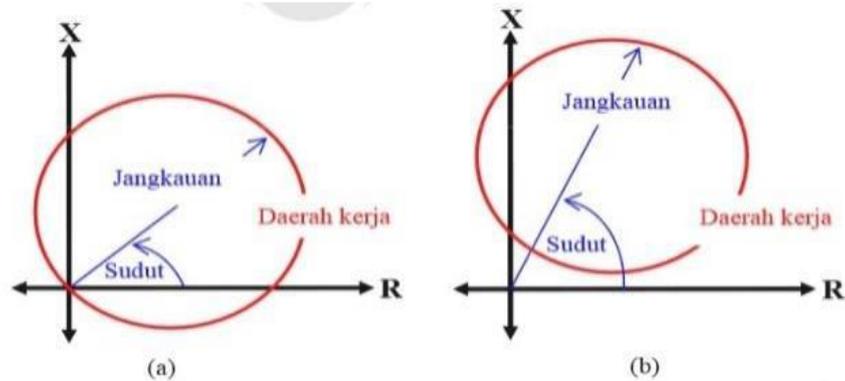


Gambar 2.14 Karakteristik relai impedansi

- b. Karakteristik mho atau admitansi

Karakteristik relai ini dapat digambarkan dalam diagram R-X merupakan suatu lingkaran yang melalui titik pusat yang ditunjukkan pada

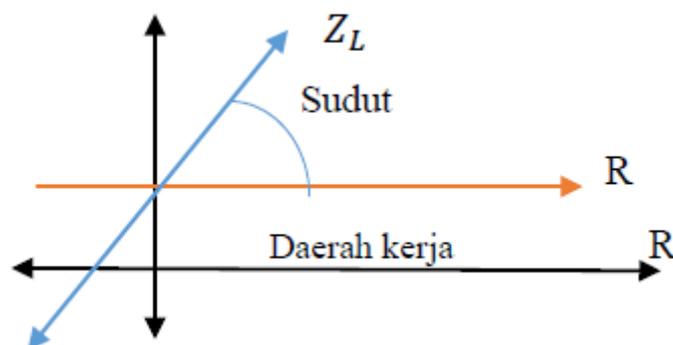
gambar 2.13 (a). dari diagram tersebut, terlihat karakteristik relai ini sudah berarah. Sehingga pada relai jenis ini tidak perlu ditambahkan elemen penyearah karena relai hanya akan mengamankan gangguan didepannya. Relai jenis mho ini dapat digeser karakteristik kerjanya dengan memasukkan faktor arus pada faktor arus pembantu dan impedansi pada kumparan tegangan sehingga karakteristiknya menjadi gambar 2.13 (b).



Gambar 2.15 Karakteristik mho

c. Karakteristik reaktansi

Pada karakteristik relai jarak ini, impedansi yang dilihat relai tidak memperhatikan adanya tahanan busur, karena dianggap tahanan busur untuk berbagai gangguan yang hampir sama. Relai ini hanya untuk mengukur komponen reaktif dan impedansi jaringan. Berikut karakteristik reaktansi



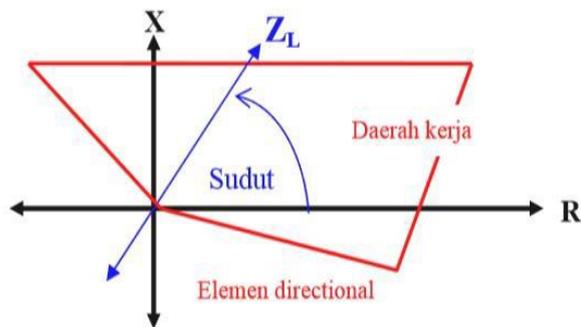
Gambar 2.16 Karakteristik reaktansi

Relai akan bekerja jika reaktansi yang dilihat relai lebih kecil dari reaktansi yang diatur. Karakteristik relai ini kurang dipengaruhi adanya

tahanan busur sewaktu terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sehingga baik digunakan untuk pengaman gangguan tanah.

d. Karakteristik quadrilateral

Karakteristik kerja quadrilateral dapat dibentuk dengan menentukan setelan forward reach dan resistive reach yang masing-masing dapat disetel independen. Gambar 2.16 menunjukkan 4 pengaturan batasan atau jangkauan karakteristik kerja quadrilateral. Empat pengaturan batas ralai yaitu batas paling atas menunjukkan pengaturan jangkauan reaktansi, kemudian batas kiri dan kanan yaitu pengaturan jangkauan resistansi positif dan resistansi negatif serta batas bawah menunjukkan elemen directional.

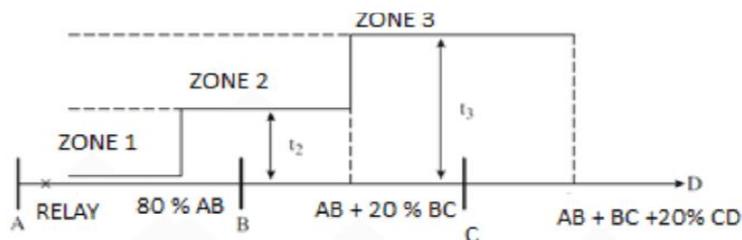


Gambar 2.17 karakteristik quadrilateral

Relai akan bekerja apabila impedansi yang terukur oleh relai berada didalam bidang yang dibatasi oleh empat garis yang disebutkan. Karakteristik kerja quadrilateral mempunyai kelebihan dalam hal pengukuran impedansi untuk gangguan ke tanah.

2.10 Zona Proteksi

Rele jarak (distance relay) membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah (zone), dimana di setiap area atau zona memiliki reaksi relai jarak yang berbeda-beda. Berikut ini penjelasan area cakupan (zone) pada relai jarak (distance relay).



Gambar 2.18 Zona proteksi relai jarak

Dalam menentukan zona maka nilai impedansi panjang saluran sistem transmisi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$ZL = \text{Panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km}$$

2.10.1 Proteksi Utama (zona 1)

Zona 1 rele jarak perlindungan pada saluran udara tegangan tinggi dianggap sebagai pengaman utama yang memiliki sifat directional (mengenal arah) dan mempertimbangkan kesalahan pengukuran pada trafo arus, trafo tegangan, relai proteksi, faktor keamanan (*safety margin*), parameter jaringan dan saat penyetelan rele yang mempunyai nilai persentase sebesar 20% apabila hal tersebut terjadi, maka area perlindungan zona 1 mampu menjangkau 80%-85% dari panjang saluran gardu induk yang di proteksinya. Rele jarak pada zona 1 bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi (*section*) penghantar itu sendiri yang artinya pada seksi pertama perlamabatan waktu ($t_1=0$), sehingga membuat reaksinya saat melihat atau mendeteksi adanya gangguan begitu cepat, sehingga dapat dituliskan persamaan dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_1 = 0,8 \times ZL_1$$

Dimana : ZL_1 = imepdansi saluran yang diamankan (ohm)

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

2.10.2 Proteksi Cadangan Jauh (zona 2)

Zone 2 adalah proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi didepannya gagal bekerja. Zona 2 umumnya disetel dengan jangkauan minimum mencapai impedansi saluran sampai dengan gardu induk didepannya (tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya) dengan waktu tunda antar 300-800 milidetik. Area perlindungan zona 2 rele jarak mencakup 15%-20% daerah yang tidak di proteksi oleh zona 1 ditambah 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 dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_2 = 0,8 \times (ZL_1 + (0,8 \times ZL_2))$$

Dimana : ZL_1 = impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL_2 = impedansi saluran berikutnya yang diamankan (ohm)

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

2.10.3 Proteksi Cadangan Jauh (zona 3)

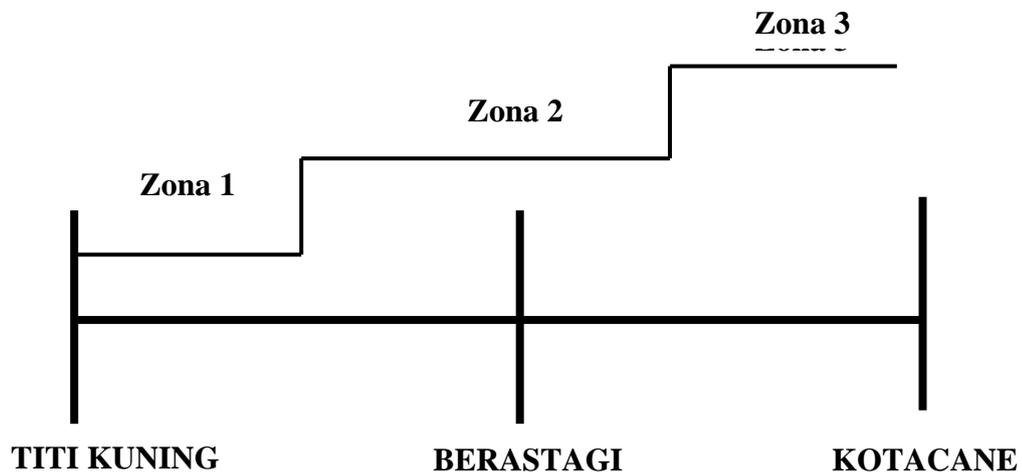
Zona 3 juga proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi didepannya gagal bekerja. Zona 3 disetel dengan jangkauan mencapai impedansi saluran sampai 2 gardu induk terjauh didepannya (terbesar secara impedansi, tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI depannya) dengan waktu tunda maksimum 1600 milidetik. Proteksi cadangan jauh tidak disetel sampai memasuki daerah impedansi transformator didepannya. Pada seksi yang ketiga atau zona 3 rele jarak bersifat tidak mengenal arah maka penentuan perlindungan zona 3 diukur dari sisa penghantar yang tidak terlindungi dari zona 2 sebesar 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 dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_3 = 1,6 \times (ZL_1 + ZL_2)$$

Dimana : ZL_1 = impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL_2 = impedansi saluran berikutnya yang diamankan (ohm)

Waktu kerja relai jarak pada zona 3 adalah $t_3 = 1,6$ detik



Gambar 2.19 Zona perlindungan relai jarak Titikuning-Berastagi

2.11 Menentukan Jarak Gangguan

Rele jarak atau *distance relay* digunakan di saluran transmisi sebagai pengaman utama (main Protect). Prinsip kerja rele 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 jarak gangguan pada sistem transmisi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

- Dimana :
- CT = rasio CT
 - PT = rasio PT
 - L = panjang saluran (km)
 - ZL₁ = impedansi saluran (ohm)

2.12 Teori Gelombang Berjalan

Gelombang berjalan merupakan suatu peristiwa transien dimana merupakan suatu fungsi nonperiodik dari waktu dan memiliki durasi yang pendek. Gelombang berjalan biasanya berupa surja tegangan atau surja arus. Pada surja tegangan bisa dilihat dengan adanya perubahan mendadak pada tegangan, dimana kecepatannya tergantung pada medium dimana surja tersebut berjalan. Pada gambar 2.20 dapat dilihat kurva tegangan impuls, Surja arus terjadi karena adanya peristiwa charging dan discharging arus kapasitif yang diakibatkan perubahan tegangan di sepanjang kapasitansi shunt dari sistem. Surja tegangan dapat diakibatkan oleh : sambaran petir, switching, atau gangguan.



Gambar 2.20 Bentuk Gelombang Saat Terjadi Gangguan

Metode gelombang berjalan dapat menganalisa sinyal frekuensi tinggi pada tegangan dan arus pada saluran distribusi. Konduktor mempunyai resistansi dan induktansi yang tersebar secara merata sepanjang saluran. Metode gelombang berjalan untuk menentukan lokasi gangguan sangat cocok, karena dengan menggunakan metode gelombang berjalan, komponen frekuensi tinggi dapat diambil dari satu titik perhitungan, dan analisis dari sinyal yang diambil dapat dilakukan dengan membandingkan jarak relatif puncak saat terjadi gangguan dengan sinyal gelombang pada saat normal. Variasi waktu dari gelombang berjalan sepanjang saluran dapat diteliti dengan menghitung profil gelombang berjalan dengan tahapan waktu diskrit. Gangguan yang terjadi pada saluran akan menghasilkan gelombang arus dan tegangan. Arus dan tegangan akan berjalan sepanjang saluran sampai bertemu pada titik ketidaksinambungan dari saluran seperti titik gangguan. Pada titik ini, gelombang arus dan tegangan akan terjadi refleksi dan refraksi. Hal ini akan menghasilkan gelombang tambahan yang akan menyebar sepanjang saluran. Tegangan dan arus pada titik x harus memenuhi persamaan diferensial berikut :

$$\frac{dv(x_2t)}{dx} = -L \frac{di(x_1t)}{dt}$$

$$\frac{di(x_1t)}{dx} = -c \frac{dv(x_2t)}{dt}$$

Dengan L dan C adalah induktansi dan kapasitansi dari saluran per meter dan $v(x,t)$ dan $i(x,t)$ adalah tegangan dan arus yang berubah pada lokasi x pada waktu t karena gelombang berjalan. Solusi umum untuk persamaan ini adalah

$$v(x, t) = f_1 \left(t - \frac{x}{v} \right) + f_2 \left(t + \frac{x}{v} \right)$$

$$i(x, t) = \frac{1}{Z_0} f_1 \left(t - \frac{x}{v} \right) - \frac{1}{Z_0} f_2 \left(t + \frac{x}{v} \right)$$

Dengan v adalah kecepatan propagasi gelombang dan Z_0 adalah impedansi karakteristik saluran $Z_0 = \sqrt{LC}$, Fungsi f_1 dan f_2 adalah menampilkan dua gelombang yang berjalan pada arah yang berlawanan. f_1 adalah gelombang yang

berjalan pada sisi positif dari x (arah maju), sedangkan f2 adalah gelombang yang berjalan ke arah negatif dari x (gelombang mundur). Tegangan dan arus maju gelombang berjalan dapat secara lengkap atau sebagian dipantulkan ketika gelombang mencapai titik ketidaksinambungan. Itu mungkin terjadi karena open atau short pada sirkuit terminal. Pada keadaan ketidaksinambungan, sebagian dari *taveling wave* akan dipantulkan kembali sepanjang saluran dan sebagian akan ditransmisikan sampai di beban. Besarnya sinyal yang dipantulkan atau diteruskan tergantung dari besarnya impedansi pada ketidaksinambungan gelombang tersebut. Gelombang akan terus dipantulkan dan ditransmisikan sampai mati karena redaman.

2.13 Persentase Error Jarak Lokasi Gangguan

Persentase error adalah perbedaan antara perkiraan atau nilai terukur dan nilai yang tepat atau diketahui. Alat proteksi biasanya selalu memiliki persentase error dalam menentukan jarak gangguan dari jarak gangguan yang sebenarnya. Persamaan persentase error jarak lokasi gangguan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Error = \frac{Jarak_{aktual} - Jarak_{prediksi}}{Jarak_{total}} \times 100\%$$

Dimana :

- Jarak_{aktual} = Jarak aktual lokasi gangguan dalam simulasi (km)
- Jarak_{prediksi} = Jarak prediksi lokasi gangguan (km)
- Jarak_{total} = Jarak total saluran (km)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 KV Glugur jalan KL. Yos Sudarso Lorong 12 Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan mei sampai dengan bulan juni 2021.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Litelatur						
3	Penulisan Bab I s/d Bab III						
4	Seminar Proposal						
5	Penelitian dan Pengambilan Data						
6	Pengolahan Data						
7	Penyelesaian Penulisan						
8	Sidang						

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan untuk menganalisa dan mengolah data *setting* rele jarak dan data *traveling wave signal* dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Beberapa perangkat keras yang digunakan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

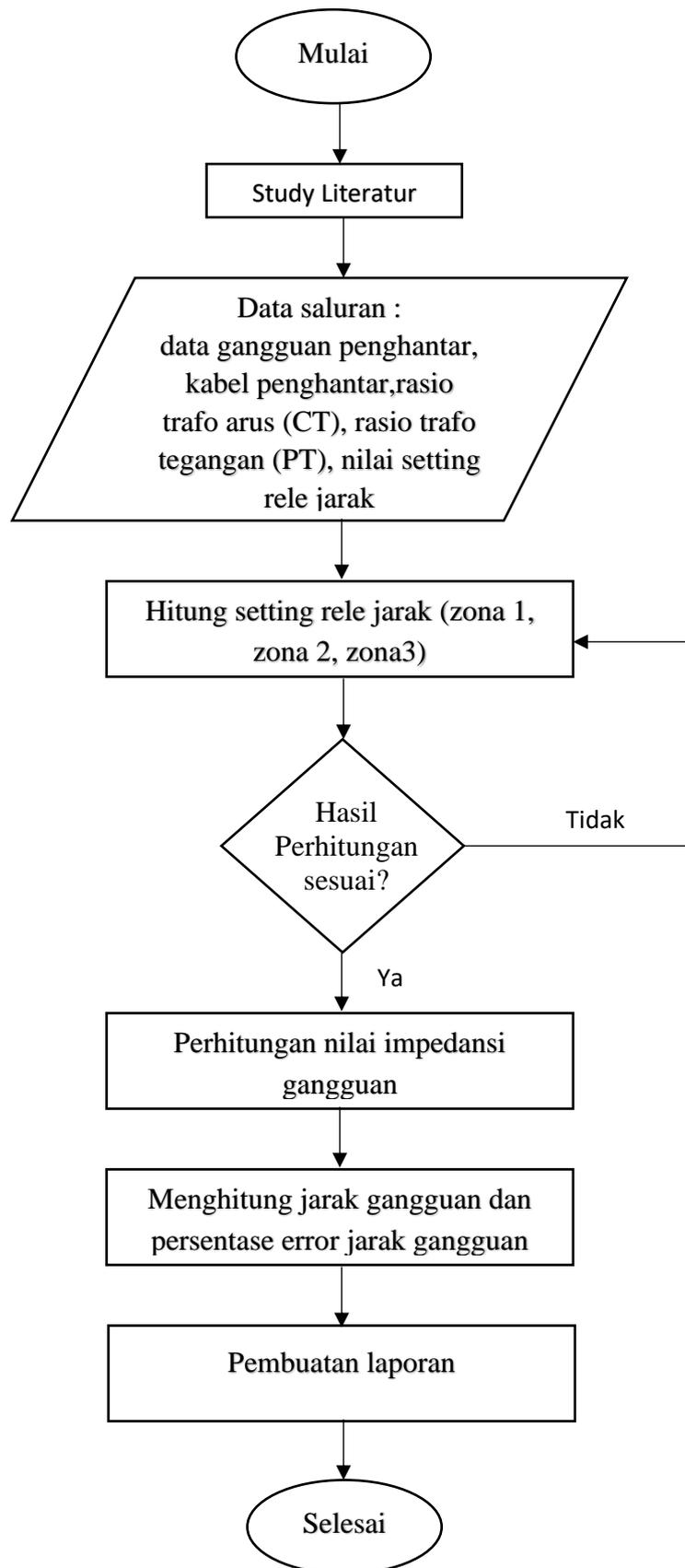
- Laptop Asus dengan processor CORE i7
- Kalkulator
- Alstom-Micom P442

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Beberapa perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian dan pengolahan data dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Software Test Universe
- Micom S1 Agile
- Microsoft Word
- Microsoft Power Point

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian dan pengambilan data direncanakan akan dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan Juni 2021 bertempat di Gardu Induk Glugur 150 kv. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tema yang harus diteliti dengan cara melakukan study literatur untuk memperoleh berbagai teori dan konsep guna mendukung penelitian.
2. Melakukan pengumpulan data pada sistem transmisi 150 kv saluran penghantar titikuning-berastagi, berastagi-kotacane.
3. Memahami data yang diperoleh kemudian menghitung data yang diperoleh sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan.
4. Membandingkan data real jarak gangguan dengan data yang sudah dihitung.
5. Membuat kesimpulan berupa hasil perbandingan jarak gangguan dari hasil perhitungan dengan data real gangguan.

3.5 Metode Pengambilan Data Gangguan Pada Traveling Wave Signal

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses mendownload gangguan saluran transmisi pada traveling wave signal sebagai berikut :

1. Jalankan program IQ + Client
2. Setelah muncul tampilan software IQ + Client
3. Untuk mendownload jarak gangguan pilih nama Gardu Induk kemudian pilih penghantar

Contoh GI Kuala Tanjung Arah Tebing Tinggi 1 (KUALA TANJUNG → Lm1_TEBING TINGGI 1) Pada penghantar Lm1_TEBING TINGGI 1 klik kanan pilih Retrieve data → FL Directory and Record

4. Kemudian akan muncul Time Interval untuk mengatur waktu download gangguan

Start Date and Time : di isi waktu awal gangguan dikurang satu hari (H – 1)

End Date and Time : di isi waktu akhir gangguan dikurang satu hari (H + 1)

Contoh : Gangguan Kuala Tanjung – Tebing Tinggi 1 tanggal 8 Maret 2014 jam 04 : 30 wib.

5. Setelah proses download selesai maka hasilnya akan ditampilkan gambar seperti dibawah ini, kemudian pada Tab Data Analysis klik Fault Location dan semua data FL akan muncul disini, untuk memudahkan pencarian maka atur Time Interval untuk mengatur data rekaman yang akan kita tampilkan. Jika time interval tidak muncul maka PILIH “VIEW” kemudian pilih TIME INTERVAL.
6. Untuk mengkalkulasi secara otomatis lokasi gangguan dalam kilo meter (km) klik FL Results dan pilih data sesuai dengan data jam gangguan dengan cara double klik di record tersebut maka akan muncul waveform FL Viewer.
7. Untuk pengambilan data velocity pertama pilih data analysis kemudian pilih view velocity lalu pilih gangguan pada penghantar yang akan di lihat setelah itu akan muncul hasil velocity dari data gangguan yang diinginkan.

3.6 Analisa Data

Adapun analisa data yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data pendukung untuk penulisan tugas akhir ini yang didapat di Gardu Induk Glugur 150 kv berupa :
 - Ratio CT dan ratio PT
 - Data impedansi saluran transmisi
 - Data spesifikasi kabel saluran
 - Panjang saluran transmisi
 - Data gangguan saluran transmisi
2. Mengolah data yang sudah didapat untuk mendapatkan hasil impedansi gangguan. Setelah pengolahan data impedansi gangguan kemudian mencari perhitungan zona.
3. Menganalisa hasil perhitungan dari pengolahan data untuk mendapatkan jarak titik gangguan yang tepat guna dibandingkan dengan kondisi data real gangguan yang ada.
4. Pembuatan laporan dari hasil seluruh penelitian ini akan dituliskan pada tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data yang penulis gunakan dalam penelitian ini penulis dapatkan dari hasil riset pada Gardu Induk Glugur 150 KV, berikut data yang telah didapatkan :

1. Data ratio current transformator (CT) dan potential transformator (PT) pada penghantar.

- Penghantar titikuning – berastagi 1
Ratio CT : 800/5
Ratio PT : 150000/100
- Penghantar titikuning – berastagi 2
Ratio CT : 1000/1
Ratio PT : 150000/100
- Penghantar berastagi – kotacane 1
Ratio CT : 800/1
Ratio PT : 150000/100
- Penghantar berastagi – kotacane 2
Ratio CT : 800/1
Ratio PT : 150000/100

2. Data kabel penghantar pada saluran transmisi Titikuning-Berastagi dan Berastagi-Kotacane.

Tabel 4.1 data penghantar titikuning-berastagi

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Luas Penampang	240	mm ²
Impedansi	0,0472	Ohm/km
Kapasitas Arus	645	A
Panjang Penghantar	52,32	km

Tabel 4.2 data penghantar berastagi-kotacane

Item	Uraian	Satuan
Tipe Konduktor	ACSR	-
Luas Penampang	240	mm ²
Impedansi	0,2361	Ohm/km
Kapasitas Arus	635	A
Panjang Penghantar	109,279	km

3. Data gangguan pada penghantar titikuning berastagi yang akan digunakan dalam membandingkan titik jarak gangguan.

Tabel 4.3 data gangguan pada penghantar titikuning-berastagi

Item	Gangguan 1	Gangguan 2	Gangguan 3	Gangguan 4	Gangguan 5
Jarak Gangguan	41,66 km	26,10 km	62,22 km	36,16 km	34,43 km
Kecepatan Gelombang	1,617 m/s	1,011 m/s	2,421 m/s	1,463 m/s	1,335 m/s
Impedansi Gangguan	17,75 Ohm	11,19 Ohm	26,77 Ohm	15,51 Ohm	14,75 Ohm
Selisih Waktu Gelombang	1,011 Detik	1,002 Detik	1,028 Detik	3 Detik	1,002 Detik

4.2 Perhitungan Impedansi

Nilai impedansi saluran transmisi pada penghantar titikuning-berastagi dan berastagi-kutacane dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Nilai impedansi Titikuning – Berastagi 1 dan 2

- Impedansi penghantar titikuning - berastagi 1
 $ZL1 = \text{panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km}$
 $= 52,32 \text{ km} \times 0,0472 \text{ Ohm/km}$
 $= 2,46 \text{ Ohm}$
- Impedansi penghantar berastagi - kotacane 1
 $ZL2 = \text{panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km}$
 $= 109,279 \text{ km} \times 0,2361 \text{ Ohm/km}$

$$= 25,80 \text{ Ohm}$$

2. Nilai impedansi Berastagi – Kotacane 1 dan 2

- Impedansi penghantar titikuning - berastagi 2

$$\begin{aligned} ZL1 &= \text{panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 52,32 \text{ km} \times 0,2951 \text{ Ohm/km} \\ &= 15,44 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

- Impedansi penghantar berastagi - kotacane 2

$$\begin{aligned} ZL2 &= \text{panjang saluran} \times Z \text{ saluran per km} \\ &= 109,279 \text{ km} \times 0,2361 \text{ Ohm/km} \\ &= 25,80 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Zona

Perhitungan nilai impedansi pada zona 1, zona 2, dan zona 3 pada penghantar titikuning – berastagi adalah sebagai berikut :

- Titikuning - Berastagi 1

Zona 1

$$\begin{aligned} Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 2,46 \text{ Ohm} \\ &= 1,968 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 52,32 \text{ km} = 41,85 \text{ km}$.

Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama, $t1 = 0 \text{ detik}$.

Zona 2

$$\begin{aligned} Z2 &= 0,8 (ZL1 + (0,8 \times ZL2)) \\ &= 0,8 (2,46 \text{ Ohm} + (0,8 \times 25,80 \text{ Ohm})) \\ &= 18,48 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah $0,8 \times (52,32 \text{ km} + (0,8 \times 109,279 \text{ km})) = 111,79 \text{ km}$. Zona 2 bekerja sebagai back up zona 1 pada GI di depannya, maka rele akan bekerja lebih lama setelah zona 1, $t2 = 0,4 \text{ detik}$.

Zona 3

$$Z3 = 1,6 (ZL1 + ZL2)$$

$$= 1,6 (2,46 \text{ Ohm} + 25,80 \text{ Ohm})$$

$$= 45,216 \text{ Ohm}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah $1,6 (52,32 \text{ km} + 109,279 \text{ km}) = 258,55 \text{ km}$. Zona 3 bekerja dengan waktu yang paling lama dibanding zona 1 dan zona 2, $t_3 = 1,6$ detik.

- Titikuning – Berastagi 2

Zona 1

$$Z1 = 0,8 \times ZL1$$

$$= 0,8 \times 15,44 \text{ Ohm}$$

$$= 12,352 \text{ Ohm}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 52,32 \text{ km} = 41,85 \text{ km}$. Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama, $t_1 = 0$ detik.

Zona 2

$$Z2 = 0,8 (ZL1 + (0,8 \times ZL2))$$

$$= 0,8 (15,44 \text{ Ohm} + (0,8 \times 25,80 \text{ Ohm}))$$

$$= 28,864 \text{ Ohm}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 2 adalah $0,8 \times (52,32 \text{ km} + (0,8 \times 109,279 \text{ km})) = 111,79 \text{ km}$. Zona 2 bekerja sebagai back up zona 1 pada GI di depannya, maka rele akan bekerja lebih lama setelah zona 1, $t_2 = 0,4$ detik.

Zona 3

$$Z3 = 1,6 (ZL1 + ZL2)$$

$$= 1,6 (15,44 \text{ Ohm} + 25,80 \text{ Ohm})$$

$$= 65,984 \text{ Ohm}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 3 adalah $1,6 (52,32 \text{ km} + 109,279 \text{ km}) = 258,55 \text{ km}$. Zona 3 bekerja dengan waktu yang paling lama dibanding zona 1 dan zona 2, $t_3 = 1,6$ detik.

4.4 Impedansi Yang Dilihat Relay

Nilai impedansi juga dapat dilihat dengan menghitung ratio PT dan CT, berikut perhitungannya

$$Z_{rele} = \frac{CT}{PT} \times Z_{zona}$$

1. Titikuning - Berastagi 1

Ratio CT : 800/5

Ratio PT : 150000/100

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{800/5}{150000/100} = 0,11$$

Perlindungan Zona 1 yang dilihat relay :

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,11 \times 1,968 \text{ Ohm} \\ &= 0,216 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan Zona 2 yang dilihat relay :

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,11 \times 18,48 \text{ Ohm} \\ &= 2,032 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan Zona 3 yang dilihat relay :

$$\begin{aligned} Z3 \text{ sekunder} &= n \times Z3 \\ &= 0,11 \times 45,216 \text{ Ohm} \\ &= 4,973 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

2. Titikuning – Berastagi 2

Ratio CT : 1000/1

Ratio PT : 150000/100

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

Perlindungan Zona 1 yang dilihat relay :

$$\begin{aligned} Z1 \text{ sekunder} &= n \times Z1 \\ &= 0,66 \times 12,352 \text{ Ohm} \\ &= 8,152 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan Zona 2 yang dilihat relay :

$$\begin{aligned} Z2 \text{ sekunder} &= n \times Z2 \\ &= 0,66 \times 28,864 \text{ Ohm} \\ &= 19,05 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Perlindungan Zona 3 yang dilihat relay :

$$Z3 \text{ sekunder} = n \times Z3$$

$$= 0,66 \times 65,984 \text{ Ohm}$$

$$= 43,54 \text{ Ohm}$$

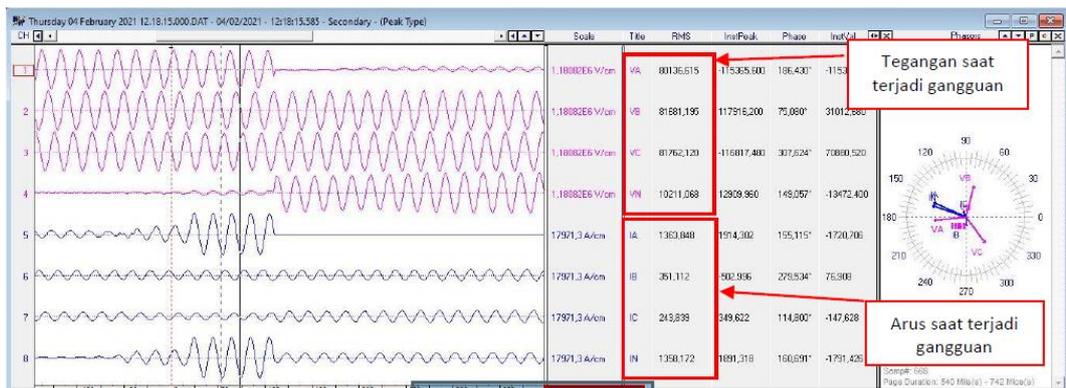
4.5 Menentukan Jarak Gangguan

4.5.1 Perhitungan Jarak Titik Gangguan Dengan *Traveling Wave Signal*

Metode penentuan jarak gangguan dengan traveling wave signal berdasarkan pada kecepatan gelombang saat terjadi gangguan pada saluran transmisi. Gelombang akan muncul pada titik gangguan dan menuju ke gardu induk dalam hitungan mikrodetik. Titik gangguan dapat diketahui dengan menggunakan rumus yang ada dibawah ini.

$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2}$$

- Gangguan ke 1 Titikuning-Berastagi



Gambar 4.1 Gangguan Titikuning-Berastagi ke 1 pada jarak 41,66 km

Pada gangguan titikuning-berastagi ke 1 didapat nilai waktu pada gelombang menuju gardu induk yaitu $t_A = 12:18:16.657$ dan $t_B = 12:18:15.646$. Kecepatan gelombang berjalan yaitu 1,617 m/s. Sehingga dapat diketahui jarak titik gangguan

$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2} = \frac{(52,32 - (1,011)) \times 1,617}{2} = 41,48 \text{ km}$$

Sehingga kesalahan error dalam pendeteksian titik gangguan pada saluran ini sebesar

$$Error = \frac{Jarak_{aktual} - Jarak_{prediksi}}{Jarak_{total}} \times 100\% = \frac{41,66 - 41,48}{52,32} \times 100\% = 0.34 \%$$

- Gangguan ke 2 titikuning-berastagi



Gambar 4.2 Gangguan titikuning-berastagi ke 2 pada jarak 26,10 km

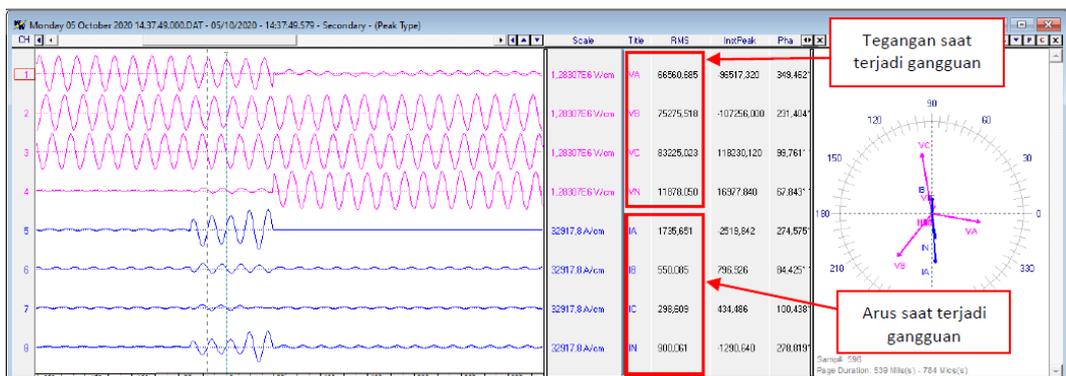
Pada gangguan titikuning-berastagi ke 2 didapat nilai waktu pada gelombang menuju gardu induk yaitu $t_A = 03:34:26.257$ dan $t_B = 03:34:25.255$. Kecepatan gelombang berjalan yaitu 1,011 m/s. Sehingga dapat diketahui jarak titik gangguan

$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2} = \frac{(52,32 - (1,002)) \times 1,011}{2} = 25,94 \text{ km}$$

Sehingga kesalahan error dalam pendeteksian titik gangguan pada saluran ini sebesar

$$Error = \frac{Jarak_{aktual} - Jarak_{prediksi}}{Jarak_{total}} \times 100\% = \frac{26,10 - 25,94}{52,32} \times 100\% = 0.30 \%$$

- Gangguan ke 3 titikuning-berastagi



Gambar 4.3 Gangguan titikuning-berastagi ke 3 pada jarak 62,22 km

Pada gangguan titikuning-berastagi ke 3 didapat nilai waktu pada gelombang menuju gardu induk yaitu $t_A = 14:37:50.578$ dan $t_B = 14:37:49.562$. Kecepatan

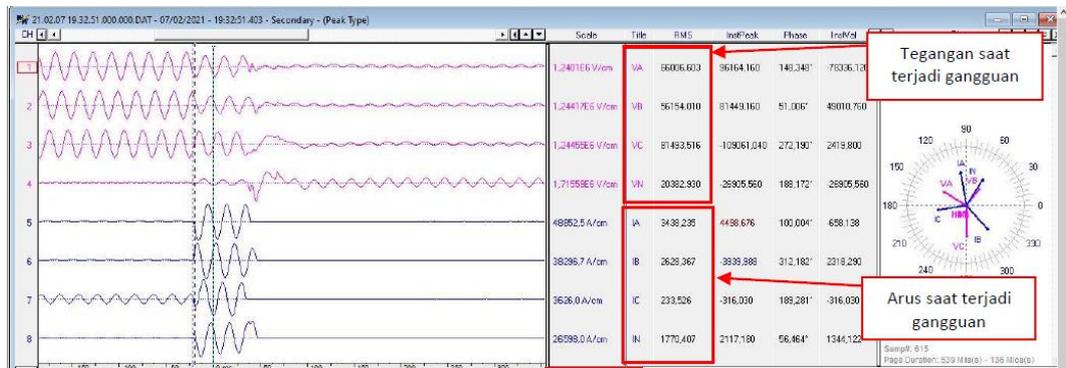
gelombang berjalan yaitu 2,421 m/s. Sehingga dapat diketahui jarak titik gangguan

$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2} = \frac{(52,32 - (1,028)) \times 2,421}{2} = 62,08 \text{ km}$$

Sehingga kesalahan error dalam pendeteksian titik gangguan pada saluran ini sebesar

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak}_{\text{aktual}} - \text{Jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{Jarak}_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{62,22 - 62,08}{52,32} \times 100\% = 0,26 \%$$

- Gangguan ke 4 titikuning-berastagi



Gambar 4.4 Gangguan titikuning-berastagi ke 4 pada jarak 36,16km

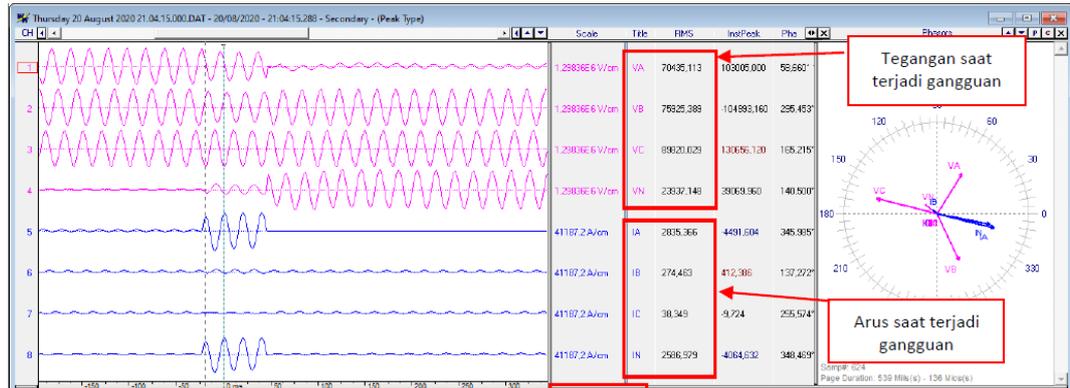
Pada gangguan titikuning-berastagi ke 4 didapat nilai waktu pada gelombang menuju gardu induk yaitu $t_A = 19:32:54.399$ dan $t_B = 19:32:51.399$. Kecepatan gelombang berjalan yaitu 1,463 m/s. Sehingga dapat diketahui jarak titik gangguan

$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2} = \frac{(52,32 - (3)) \times 1,463}{2} = 36,07 \text{ km}$$

Sehingga kesalahan error dalam pendeteksian titik gangguan pada saluran ini sebesar

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak}_{\text{aktual}} - \text{Jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{Jarak}_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{36,16 - 36,07}{52,32} \times 100\% = 0,17 \%$$

- Gangguan ke 5 titikuning-berastagi



Gambar 4.5 Gangguan titikuning-berastagi ke 5 pada jarak 34,43 km

Pada gangguan titikuning-berastagi ke 4 didapat nilai waktu pada gelombang menuju gardu induk yaitu $t_A = 21:04:16.286$ dan $t_B = 21:04:15.284$. Kecepatan gelombang berjalan yaitu 1,335 m/s. Sehingga dapat diketahui jarak titik gangguan

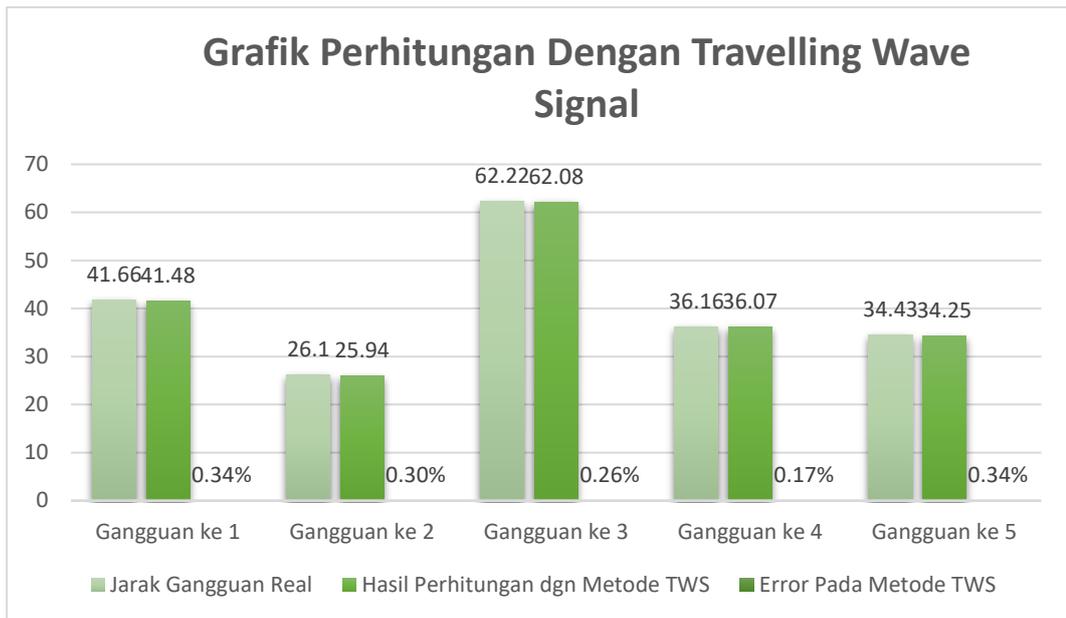
$$D = \frac{(L - (t_A - t_B)) \times v}{2} = \frac{(52,32 - (1,002)) \times 1,335}{2} = 34,25 \text{ km}$$

Sehingga kesalahan error dalam pendeteksian titik gangguan pada saluran ini sebesar

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak}_{\text{aktual}} - \text{Jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{Jarak}_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{34,43 - 34,25}{52,32} \times 100\% = 0,34 \%$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Dengan Travelling Wave Signal

Item	Jarak Gangguan Real	Hasil Perhitungan dgn Metode TWS	Error Pada Metode TWS
Gangguan ke 1	41,66 km	41,48 km	0,34 %
Gangguan ke 2	26,10 km	25,94 km	0,30 %
Gangguan ke 3	62,22 km	62,08 km	0,26 %
Gangguan ke 4	36,16 km	36,07 km	0,17 %
Gangguan ke 5	34,43 km	34,25 km	0,34 %



Gambar 4.6 Grafik Perhitungan Dengan Traveling Wave Signal

Hasil perhitungan jarak titik gangguan dengan metode traveling wave signal hampir mendekati jarak titik gangguan yang real atau yang benar terjadi dilapangan dikarenakan gelombang pantul pada saluran tunggal menghasilkan kesalahan yang lebih kecil dibanding saluran bercabang yang merambat dan melewati titik persimpangan, sehingga gelombang balik atau gelombang pantul yang menuju ke titik gangguan tidak hanya dari satu saluran saja.

4.5.2 Perhitungan Jarak Titik Gangguan Dengan Impedansi Gangguan

Penentuan jarak titik gangguan dengan metode ini berdasarkan impedansi gangguan yang dibaca oleh relay akibat adanya gangguan pada saluran transmisi. maka jarak gangguan pada sistem transmisi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Jarak\ gangguan = \frac{Impedansi\ yang\ dibaca\ oleh\ relay \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1}$$

- Gangguan ke 1 titikuning-berastagi

$$Jarak\ gangguan = \frac{Impedansi\ yang\ dibaca\ oleh\ relay \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1}$$

$$\begin{aligned}
&= 17,75 \times \frac{\frac{800/5}{150000/100}}{2,46} \times 52,32 \\
&= 40,01 \text{ km}
\end{aligned}$$

Sehingga perhitungan error dalam perhitungan titik gangguan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$Error = \frac{Jarak_{\text{aktual}} - Jarak_{\text{prediksi}}}{Jarak_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{41,66 - 40,01}{52,32} \times 100\% = 3,15 \%$$

- Gangguan ke 2 titikuning-berastagi

$$\begin{aligned}
Jarak \text{ gangguan} &= \frac{Impedansi \text{ yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1} \\
&= 11,19 \times \frac{\frac{800/5}{150000/100}}{2,46} \times 52,32 \\
&= 25,22 \text{ km}
\end{aligned}$$

Sehingga perhitungan error dalam perhitungan titik gangguan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$Error = \frac{Jarak_{\text{aktual}} - Jarak_{\text{prediksi}}}{Jarak_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{26,10 - 25,22}{52,32} \times 100\% = 1,68 \%$$

- Gangguan ke 3 titikuning-berastagi

$$\begin{aligned}
Jarak \text{ gangguan} &= \frac{Impedansi \text{ yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1} \\
&= 26,77 \times \frac{\frac{800/5}{150000/100}}{2,46} \times 52,32 \\
&= 60,35 \text{ km}
\end{aligned}$$

Sehingga perhitungan error dalam perhitungan titik gangguan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$Error = \frac{Jarak_{\text{aktual}} - Jarak_{\text{prediksi}}}{Jarak_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{62,22 - 60,35}{52,32} \times 100\% = 3,57 \%$$

- Gangguan ke 4 titikuning-berastagi

$$\begin{aligned} \text{Jarak gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1} \\ &= 15,51 \times \frac{\frac{800/5}{150000/100}}{2,46} \times 52,32 \\ &= 34,96 \text{ km} \end{aligned}$$

Sehingga perhitungan error dalam perhitungan titik gangguan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak}_{\text{aktual}} - \text{Jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{Jarak}_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{36,16 - 34,96}{52,32} \times 100\% = 2,29 \%$$

- Gangguan ke 5 titikuning-berastagi

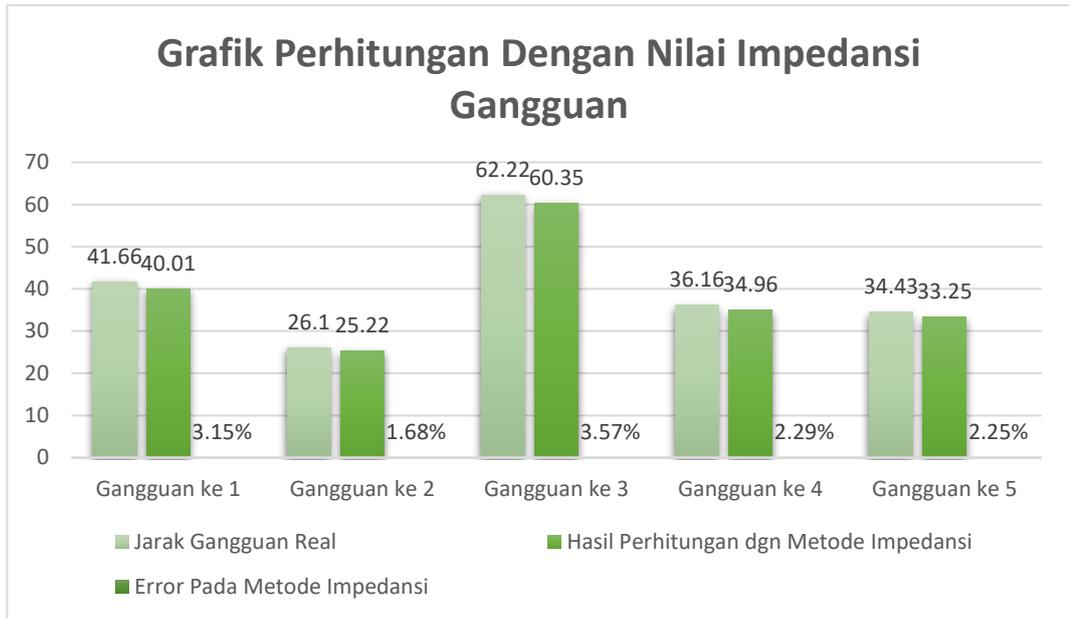
$$\begin{aligned} \text{Jarak gangguan} &= \frac{\text{Impedansi yang dibaca oleh relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL_1} \\ &= 14,75 \times \frac{\frac{800/5}{150000/100}}{2,46} \times 52,32 \\ &= 33,25 \text{ km} \end{aligned}$$

Sehingga perhitungan error dalam perhitungan titik gangguan dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\text{Error} = \frac{\text{Jarak}_{\text{aktual}} - \text{Jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{Jarak}_{\text{total}}} \times 100\% = \frac{34,43 - 33,25}{52,32} \times 100\% = 2,25 \%$$

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Dengan Nilai Impedansi

Item	Jarak Gangguan Real	Hasil Perhitungan dgn Metode Impedansi	Error Pada Metode Impedansi
Gangguan ke 1	41,66 km	40,01 km	3,15 %
Gangguan ke 2	26,10 km	25,22 km	1,68 %
Gangguan ke 3	62,22 km	60,35 km	3,57 %
Gangguan ke 4	36,16 km	34,96 km	2,29 %
Gangguan ke 5	34,43 km	33,25 km	2,25 %



Gambar 4.7 Grafik Perhitungan Dengan Nilai Impedansi Gangguan

Hasil perhitungan jarak titik gangguan dengan nilai impedansi gangguan tidak mendekati dengan hasil data gangguan yang asli. Ini disebabkan pada masing-masing saluran terdapat perbedaan nilai impedansi kawat saluran. Semakin besar impedansi gangguan semakin jauh jarak titik gangguan yang dihasilkan dan begitu juga sebaliknya.

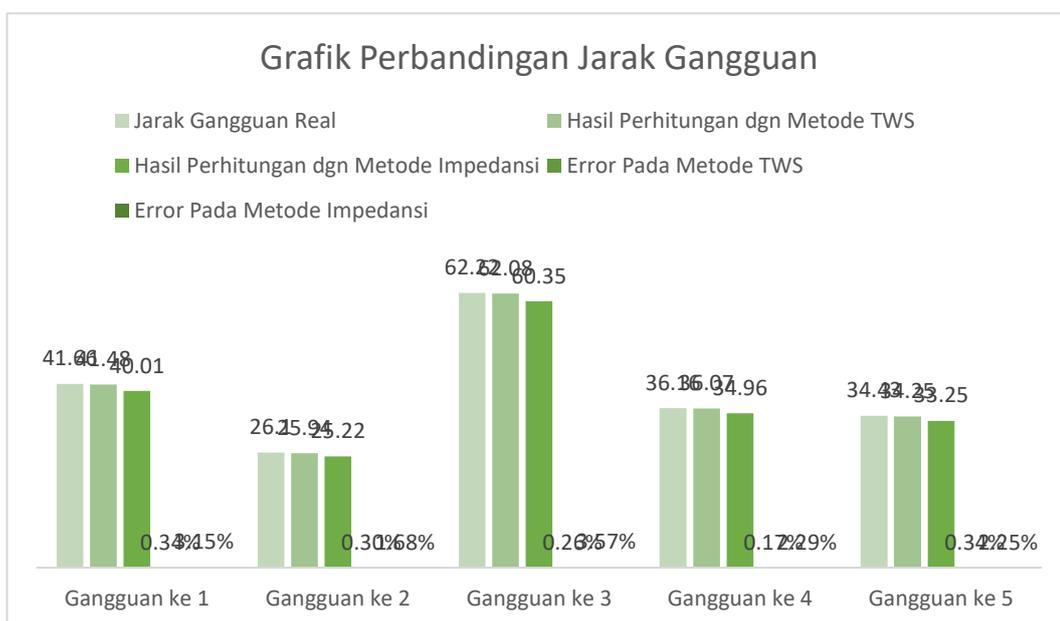
4.6 Perbandingan Hasil Data Perhitungan Jarak Titik Gangguan

Membandingkan hasil dari perhitungan yang menggunakan metode *travelling wave signal* dan perhitungan nilai impedansi gangguan dengan data gangguan real yang didapat pada penghantar titikuning-berastagi.

Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Jarak Gangguan

Item	Jarak Gangguan Real	Hasil Perhitungan dgn Metode TWS	Error Pada Metode TWS	Hasil Perhitungan dgn Metode Impedansi	Error Pada Metode Impedansi
Gangguan ke 1	41,66 km	41,48 km	0,34 %	40,01 km	3,15 %

Gangguan ke 2	26,10 km	25,94 km	0,30 %	25,22 km	1,68 %
Gangguan ke 3	62,22 km	62,08 km	0,26 %	60,35 km	3,57 %
Gangguan ke 4	36,16 km	36,07 km	0,17 %	34,96 km	2,29 %
Gangguan ke 5	34,43 km	34,25 km	0,34 %	33,25 km	2,25 %



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Jarak Gangguan

Berdasarkan hasil data diatas didapatkan bahwa terdapat perbedaan dari perhitungan yang menggunakan metode traveling wave signal dengan perhitungan metode nilai impedansi dimana hasil dengan metode traveling wave signal hampir keseluruhannya mendekati jarak gangguan real yang terjadi dilapangan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. *Traveling Wave Signal* menggunakan metode gelombang berjalan yang dimana komponen frekuensi tinggi dapat diambil dari satu titik perhitungan, dan analisis dari sinyal yang diambil dapat dilakukan dengan membandingkan jarak relatif puncak saat terjadi gangguan dengan sinyal gelombang pada saat normal dalam menentukan jarak titik gangguan sedangkan relay jarak menggunakan nilai impedansi gangguan untuk menentukan jarak titik gangguan.
2. Hasil dari perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa menggunakan perhitungan manual *traveling wave signal* lebih akurat dan mendekati jarak titik gangguan yang terjadi dilapangan dengan jarak pada gangguan ke 1 yaitu 41,48 km dari 41,66 km jarak gangguan aslinya, pada gangguan ke 2 yaitu 25,94 km dari 26,10 km jarak gangguan aslinya, pada gangguan ke 3 yaitu 62,08 km dari 62,22 km jarak gangguan aslinya, pada gangguan ke 4 yaitu 36,07 km dari 36,16 km jarak gangguan aslinya, dan pada gangguan ke 5 yaitu 34,25 km dari 34,43 km jarak gangguan aslinya.
3. Semua nilai error dengan metode *traveling wave signal* tidak ada yang melebihi 0,5 % sedangkan dengan metode perhitungan nilai impedansi gangguan semua melebihi 1% yang dapat dikatakan keakuratan dengan metode *traveling wave signal* dalam menentukan jarak titik gangguan sangat akurat dan hampir mendekati jarak titik gangguan yang benar terjadi.
4. Area perlindungan pada zona 1 mampu melindungi saluran penghantar titi kuning-berastagi sejauh 41.85 km dengan tunda waktu 0 detik. Area perlindungan pada zona 2 mampu melindungi saluran penghantar titi kuning-berastagi sejauh 111,79 km dengan tunda waktu 0,4 detik. Area perlindungan pada zona 3 mampu melindungi saluran penghantar titi kuning-berastagi sejauh 258,55 km dengan tunda waktu 1,6 detik

5. Saat terjadi gangguan relai jarak tetap mendeteksi titik gangguan dengan membandingkan nilai impedansi gangguan yang dihasilkan dengan nilai impedansi *setting*. Dimana dapat dikatakan kinerja relai jarak tetap maksimal tanpa bantuan alat *traveling wave signal* walaupun keakuratan yang dihasilkan tidak seakurat *traveling wave signal*.

5.2 Saran

Penggunaan *traveling wave signal* mempunyai kemampuan yang akurat dalam menentukan titik gangguan, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut salah satunya dengan menambahkan program untuk menentukan titik gangguan dengan hanya menggunakan satu perangkat di satu sisi penghantar. Di karenakan untuk sekarang *traveling wave signal* tidak bisa merekam gangguan bila dimana hanya satu perangkat yang aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Pangestu Adam. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Impedansi Kawat Saluran Terhadap Setting Relai Jarak Pada Saluran Transmisi 150 Kv (GI Paya Pasir). *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan*.
- Sanusi, M. (2017). Analisa proteksi rele jarak pada saluran udara tegangan tinggi 150 kv gardu induk rembang baru ke gardu induk pati universitas muhammadiyah surakarta. *E-Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Hamdadi dan Fikriansyah, A. (2014). Analisa dan Pengaturan Ulang Relay Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Keramasan – Bukit Asam. *Jurnal Mikrotiga*, 1(3), 9–17.
- Ariyanto, R. (2017). *Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar*. 19.
- Mu'tashim, Q. Z. (2017). Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono. *E-Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Alamah Amania Radhyana. (2018). *DETEKSI LOKASI GANGGUAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI DENGAN PERCABANGAN MENGGUNAKAN METODE GELOMBANG BERJALAN*.
- Shidiqi Malik Ash. (2018). *ANALISIS SETTING RELAY JARAK (DISTANCE RELAY) PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV GARDU INDUK BANTUL – WATES (STUDI KASUS PADA GARDU INDUK BANTUL 150 KV)*. 2–13.
- Fakhrian, D. D. (2017). *ANALISIS PERHITUNGAN SETTING RELAY JARAK PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV GARDU INDUK KENTUNGAN-SANGGRAHAN*.
- Krzysztof, G., Kowalik, R., Rasolomampionona, D., & Anwar, S. (2011). Traveling wave fault location in power transmission systems: An overview. *Journal of Electrical Systems*, 7(3), 287–296.
- Ma, G., Jiang, L., Zhou, K., & Xu, G. (2016). A Method of Line Fault Location Based on Traveling Wave Theory. *International Journal of Control and Automation*, 9(2), 261–270. <https://doi.org/10.14257/ijca.2016.9.2.25>

- (Persero), PT. PLN. (2014). *BUKU PEDOMAN PEMELIHARAAN PROTEKSI DAN KONTROL PENGHANTAR. 0520*, 84.
- PT. PLN (PERSERO). (2014). BUKU PEDOMAN PEMELIHARAAN PERALATAN PEREKAM. *Nucleic Acids Research*, 34(11), e77–e77.
- Navis, A. (2020). *MAKALAH RELAI JARAK (DISTANCE RELAY) Mata Kuliah Proteksi Sistem Tenaga Listrik Dosen Pembimbing Dr . Liliana ST , M . Eng. May.*
- LUTFHI, F. M. (2020). *ANALISA PENENTUAN HOT POINT DAN MONITORING PERALATAN DENGAN METODE THERMOVISI PADA GI 150 kV GLUGUR. 2(1).*
- Baharsyah, F., & Gapy, M. (2018). Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa Arus Pada Kabel Tegangan Menengah. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 3(2), 9–16.
- Huda, I. F., & Supardi, S. T. A. (2018). *Analisis Penggunaan Rele sebagai Proteksi Jarak Pada Sistem Transmisi Dari Gardu Induk 150 KV Gondangrejo-Jajar.* <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/61814>
- Suryadipraja, A. D., & Umar, S. T. (2018). *Studi Analisa Kerja Rele Jarak Pada Saluran Transmisi Gardu Induk Wonosari–Gardu Induk Solo Baru 150 KV.* <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/60098>

LAMPIRAN



UIP3B SUMATERA
UPT MEDAN

Nomor : 1019/SDM.02.04/C24060000/2021
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera
Hal : Ijin Riset

25 Juni 2021

Kepada

Yth. Dekan
Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara
Fakultas Teknik
Jl. Mukhtar Basri No.3 Medan
20238

Menunjuk Surat dari kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Fakultas Teknik Jl. Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Medan Nomor : 768/II.3-AU/UMSU-07/F/2021 pada tanggal 22 Mei 2021 perihal Pengambilan Data /Riset atas Nama :

No.	Nama Mahasiswa	NPM	Jurusan
1.	Muhammad Daffa Aprilio	170722006	Teknik Elektro

Bersama ini dikonfirmasi bahwa kerja Praktek tersebut dapat dilaksanakan di lingkungan kantor PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan ULTG Glugur (Gardu Induk Glugur) di mulai tanggal 29 Juni 2021 sampai dengan tanggal 09 Juli 2021, adapun dalam pelaksanaan Kerja Praktek tersebut hal-hal yang perlu diperhatikan siswa sebagai berikut:

1. Mengisi Daftar hadir.
2. Menjaga Etika, sopan santun dan melaksanakan tata tertib di perusahaan PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan dan ULTG Glugur (Gardu Induk Glugur)
3. PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan tidak menyediakan transportasi dan akomodasi.
4. PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan tidak memberikan honorarium dan konsumsi.
5. PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan tidak menanggung biaya pemeriharaan kesehatan dan resiko kecelakaan
6. Menunjukan hasil swab/PCR test atau test Antigen (ke Kantor UPT Medan dan ke Gardu Induk Glugur) yang masih berlaku sebelum memuali pelaksanaan Kerja Praktek.
7. Mengikuti Protokol Kesehatan yang berlaku
8. Peserta Riset tidak akan mengekspose data/informasi perusahaan kepada pihak lain.
9. Menyerahkan copy laporan hasil Riset setelah selesai dilaksanakan.
10. Untuk laporan Riset izin dan mekanisme dapat menghubungi Manager ULTG Glugur (Gardu induk Glugur)

Demikian disampaikan untuk dapat dipergunakan seperlunya terimakasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA
TRANSMISI MEDAN,



MOHAMMAD AZHAR

Tembusan:

- MUL ULTG GLUGUR ULTG GLUGUR



UIP3B SUMATERA
UPT MEDAN
ULTG GLUGUR

Nomor : 0130/SDM.06.03/C2406000/2021
Sifat : Segera
Lampiran : 1 Lembar
Perihal : Ijin Pengambilan Data

30 Juni 2021

Kepada

Yth. Manager
Unit Pelaksana Transmisi Medan
UPT Medan

Menunjuk Surat dari Unit Pelaksana Transmisi Medan Jl. Listrik No. 12 Medan 20112 Medan Nomor : 1019/SDM.02.04/C24060000/2021 pada Tanggal 25 Juni 2021 Perihal Pengambilan Data/Riset atas Nama:

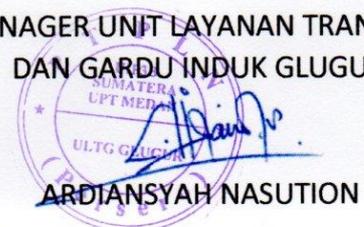
NO.	NAMA MAHASISWA	NPM	PROGRAM STUDI
1.	Muhammad Daffa Aprilio	1707220006	Teknik Elektro

Dengan ini mengijinkan Pengambilan Data yang dilaksanakan di lingkungan kantor PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan ULTG Glugur (Gardu Induk Glugur). Tetapi mengingat data yang diinginkan pada Gardu Induk Glugur penghantar Glugur-Payageli tidak lengkap untuk digunakan sebagai bahan Riset, dengan ini ULTG Glugur memberikan pengganti data pada Gardu Induk Titikuning penghantar Titikuning-Berastagi yang masih berada dibawah naungan ULTG Glugur dan data tersebut Valid/Asli guna keperluan Riset. Adapun data yang diberi berupa :

1. Data Ratio Current Transformator (CT) dan Ratio Potential Transformator (PT) penghantar Titikuning-Berastagi.
2. Data kabel penghantar pada saluran transmisi Titikuning-Berastagi dan Berastagi-Kotacane.
3. Data Jarak Gangguan, Kecepatan Gelombang, Impedansi Gangguan, dan selisih waktu gelombang pada penghantar Titikuning-Berastagi.

Demikian disampaikan untuk dapat dipergunakan seperlunya, terimakasih.

MANAGER UNIT LAYANAN TRANSMISI
DAN GARDU INDUK GLUGUR



ARDIANSYAH NASUTION

Tembusan :

1. SPV II HAR PROTEK, MTR DAN OTM

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Traveling Wave Signal Sebagai Penguat Dan Pembanding Relai Jarak Dalam Menentukan Titik Gangguan Pada Saluran Transmisi 150 KV PT PLN (Persero) Gardu Induk Glugur

Nama : Muhammad Daffa Aprilio

NPM : 1707220006

Dosen Pembimbing : Ir. Abdul Azis Hutasuhut, MM

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Senin / 01 Maret '21	Ass perikel Bab I dan membahas tentang Relai	
2	Senin / 08 Maret '21	Ass. Bab II lanjutan ke bab berikutnya	
3	Senin / 22 Maret '21	Ass. Bab II lanjutan magisteri Simpro	
4	Sabtu / 12 Juni '21	Ass. Bab IV dan penyempurnaan hasil penelitian	
5	Senin / 5 - 7 '21	Penyempurnaan Bab IV dan bab selanjutnya	
6	Jum'at / 23 - 7 '21	Penyempurnaan Bab I & Bab V	
7	Kamis / 29 - 7 '21	Ass Bab I & Bab V dpt. mengikuti Seminar	

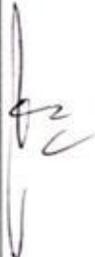
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Traveling Wave Signal Sebagai Penguat Dan Pembanding Relai Jarak Dalam Menentukan Titik Gangguan Pada Saluran Transmisi 150 KV PT PLN (Persero) Gardu Induk Glugur

Nama : Muhammad Daffa Aprilio

NPM : 1707220006

Dosen Pembimbing : Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	20/ 8-21 Jan'21	Ass. akhir TA Bab I & II Bab V Ace mengikuti sidang	

Medan, 20 Agustus 2021



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12

Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 187/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 8 Februari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD DAFFA APRILIO
Npm : 1707220006
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISA TRAVELING WAVE SIGNAL SEBAGAI PENGUAT DAN PEMBANDING RELAI JARAK DALAM MENENTUKAN TITIK GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PT PLN (PERSERO) GARDU INDUK GLUGUR

Pembimbing : Ir. ABDUL AZIS HUTASUHUT, MM

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

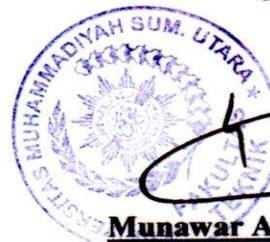
1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Elektro
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 26 Jumadil Akhir 1442 H

8 Februari 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



 P3B SUMATERA PLN	FORMULIR		SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001 : 2015
	PERHITUNGAN SETTING PROTEKSI		
No Dokumen	FR-TRS-BOP-034	Tanggal	14 Februari 2018
Revisi	0	Halaman	1 dari 7

TIPE RELAY : MICOM P442
JENIS PROTEKSI : Distance Relay, Main Protection

DATA TEKNIS :

UNIT : MEDAN
LOKASI GI : Titi Kuning
PROTEKSI BAY : Brastagi #1

PHT L1 : Titi Kuning - Brastagi 1 (52.32 km)
 Ukuran : ACSR 1 x 240 mm² CCC = 645 Ampere
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

PHT L2 : Brastagi - Renun (50.68 km)
 Ukuran : ACSR 1 x 240 mm²
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

PHT L3 : Brastagi - Sidikalang (63.98 km)
 Ukuran : ACSR 1 x 310 mm²
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

RASIO CT : 800/5 A
RASIO PT : 150 kV/ 100 V

Apabila terdapat perbedaan parameter CT, PT, panjang, jenis dan ukuran konduktor, serta data pada setelan proteksi tersebut, agar dikonfirmasi ke Bidang Sistem Transmisi.

P3B5 Bidang Sistem Transmisi / Sub-Bidang Proteksi

Halaman	Proteksi Penghantar	Dibuat Oleh :	Dievaluasi Oleh :	Disetujui Oleh	Tanggal :
1 dari 7	Titi Kuning-Brastagi 1	AYU 	LUHUR 	SYAFRIZAL 	13 Maret '18

 P3B SUMATERA PLN	FORMULIR		SISTEM MANAJEMEN MUTU
	PERHITUNGAN SETTING PROTEKSI		ISO 9001 : 2015
No. Dokumen	FR-TRS-BOP-034	Tanggal	14 Februari 2018
Revisi	0	Halaman	1 dari 7

TIPE RELAY : MICOM P442
JENIS PROTEKSI : Distance Relay, Main Protection

DATA TEKNIS :

UNIT : MEDAN
LOKASI GI : Titi Kuning
PROTEKSI BAY : Brastagi #2

PHT L1 : Titi Kuning - Brastagi 2 (52.32 km)
Ukuran : ACSR 1 x 240 mm² CCC = 645 Ampere
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

PHT L2 : Brastagi - Renun (50.68 km)
Ukuran : ACSR 1 x 240 mm²
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

PHT L3 : Brastagi - Sidikalang (63.98 km)
Ukuran : ACSR 1 x 310 mm²
Z+ : 0.12745 + j.0.42397 ohm/km
Z0 : 0.27745 + j.1.27191 ohm/km

RASIO CT : 1000/1 A
RASIO PT : 150 kV/ 100 V

Apabila terdapat perbedaan parameter CT, PT, panjang, jenis dan ukuran konduktor, serta data pada setelan proteksi tersebut, agar dikonfirmasi ke Bidang Sistem Transmisi.

P3BS Bidang Sistem Transmisi / Sub-Bidang Proteksi

Halaman	Proteksi Penghantar	Dibuat Oleh :	Dievaluasi Oleh :	Disetujui Oleh	Tanggal :
1 dari 7	Titi Kuning-Brastagi 2	AYU 	LUHUR 	SYAFRIZAL 	13 Maret '18

 UIP3B SUMATERA	FORMULIR PERHITUNGAN SETTING PROTEKSI		SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001 : 2015
	No. Dokumen	FR-TRS-BOP-034	Tanggal
Revisi	1	Halaman	1 dari 12

OVERVIEW DAN DATA TEKNIS PERALATAN

ALSTOM

TIPE RELAY : MICOM P443

LOKASI : GI 150 kV BRASTAGI
PROTEKSI BAY : KOTACANE 1,2

PHT L1 : Brastagi - Kotacane (109.279 km)
Ukuran : ACSR1 x 240 mm² CCC = 635 Ampere
Z+ : 0.12745+j0.42397 Ω/km
Z0 : 0.27745+j 1.27191 Ω/km

PHT L2 : Kotacane - Brastagi (109.279 km)
Ukuran : ACSR1 x 240 mm² CCC = 635 Ampere
Z+ : 0.12745+j0.42397 Ω/km
Z0 : 0.27745+j 1.27191 Ω/km

PHT L3 : Kotacane - Brastagi (109.279 km)
Ukuran : ACSR1 x 240 mm² CCC = 635 Ampere
Z+ : 0.12745+j0.42397 Ω/km
Z0 : 0.27745+j 1.27191 Ω/km

RASIO CT : 800 / 1 A
RASIO PT : 150000 / 100 V

Catatan :

- Apabila terdapat perbedaan parameter CT, PT, panjang, jenis dan ukuran konduktor, serta data pada setelan proteksi tersebut, agar dikonfirmasi ke Sub-Bidang Proteksi Sistem Transmisi / P3B Sumatera.
- Sebelum instalasi tersebut beroperasi maka pemohon/peminta setting wajib mengirimkan ke Unit Induk P3B Sumatera Bidang Transmisi (email : proteksitrans1.p3bs@gmail.com) hal-hal sebagai berikut:
 - Formulir Perhitungan Setting Proteksi yang telah diverifikasi bersama.
 - Hasil uji (individu, fungsi dan stability) sesuai perhitungan setting proteksi P3B Sumatera
 - File hasil download setting dari relay proteksi sesuai dengan penerapan

UIP3BS Bidang Sistem Transmisi / Sub-Bidang Proteksi

Halaman	Proteksi PHT 150 kV	Dibuat Oleh :	Dievaluasi Oleh :	Disetujui Oleh :	Tanggal :
1 dari 12	Brastagi - Kotacane 1,2	AYU	DKA	LHR	01 DES '18

RIWAYAT HIDUP



Nama : MUHAMMAD DAFFA APRILIO
NPM : 1707220006
TTL : Medan, 09 April 1998
Alamat : Jl Suka Teguh Terusan No 27 LKXIII, Harjosari II, Medan
Amplas
Email : daffa.aprilio09@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahum Kelulusan
Taman Kanak-Kanak	W.R. Supratman 2	2003-2004
Sekolah Dasar	W.R. Supratman 2	2004-2010
Sekolah Menengah Pertama	Harapan 2 Medan	2010-2013
Sekolah Menengah Atas	SMA Negeri 2 Medan	2013-2016
Perguruan Tinggi / Strata 1	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017-2021