

TUGAS AKHIR

ANALISA PENENTUAN TITIK GANGGUAN PADA JARINGAN 150 Kv GLUGUR – PAYA GELI MENGGUNAKAN *FAULT LOCATOR*

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

Disusun Oleh:

Fredy Wandana
1607220030



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian tugas akhir diajukan oleh :

Nama : Fredy Wandana

NPM : 1607220030

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Penentuan Titik Gangguan Pada Jaringan 150 kV Glugur
– Paya Geli Menggunakan Fault Locator

Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim peninggi dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 22 Mei 2021

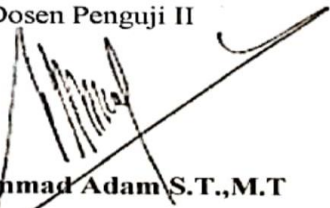
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Penguji I



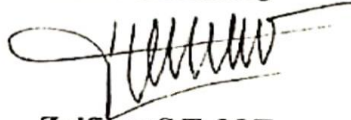
Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Muhammad Adam S.T.,M.T

Dosen Pembimbing



Zulfikar S.T.,M.T



Dosen Pembimbing
Ketua,

Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fredy Wandana
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 14 Januari 1999
NPM : 1607220030
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisa Penentuan Titik Gangguan Pada Jaringan 150 Kv Glugur-Paya Geli Menggunakan *Fault Locator*”,

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, 24 Mei 2021
Saya yang menyatakan,



Fredy Wandana

ABSTRAK

Titik gangguan (*fault locator*) digunakan disaluran transmisi sebagai pengaman utama (*main protection*). Gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak terpasang. Analisa perhitungan menggunakan metode berbasis penentuan titik gangguan secara teori mendapatkan hasil yang menunjukkan titik gangguan berada pada 3,31 Km dari GI glugur dan *fault locator* menunjukkan titik gangguan pada berada pada 3,38 Km dari Gi glugur. Sehingga dapat dikatakan akurasi *fault locator* cukup baik. Peralatan yang dikatakan baik adalah peralatan yang persentase errornya dibawah 5% sehingga dapat dikatakan peralatan *fault locator* dalam kondisi baik dan dapat digunakan secara optimal. Proteksi tidak hanya diperlukan terhadap hubung singkat, tetapi juga untuk kondisi abnormal lainnya seperti kecepatan lebih pada generator dan motor, tegangan lebih, frekuensi berkurang, kehilangan eksitasi, pemanasan lebih pada stator dan rotor generator dan lain–lain. Relai proteksi tidak mengantisipasi atau mencegah terjadinya gangguan dan relai bekerja hanya setelah terjadi gangguan.

Kata Kunci : titik gangguan, impedansi, error peralatan

ABSTRACT

Fault locator is used in transmission line as main protection. Disturbance to the transmission system is mitigated by distance depending on where and how far the interference is from the attached distance relay. Analysis of calculations using the method based on determining the fault point theoretically obtained results that indicate the fault point is at 3.31 Km from GI glugur and the fault locator shows the fault point is at 3.38 Km from Gi glugur. So it can be said that the accuracy of the fault locator is quite good. Equipment that is said to be good is equipment whose error percentage is below 5% so that it can be said that the fault locator equipment is in good condition and can be used optimally. Protection is not only required against short circuits, but also for other abnormal conditions such as over speed of the generator and motor, overvoltage, reduced frequency, loss of excitation, overheating of the generator stator and rotor and others. Protection relays do not anticipate or prevent disturbances and the relay operates only after a fault has occurred.

Key Words : *fault locator, impedance, equipment error*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ Analisa Penentuan Titik Gangguan Pada Jaringan 150 Kv Glugur-Paya Geli Menggunakan *Fault Locator* ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Bapak Zulfikar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M,T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Billy Prandika, Muhammad Luthfi Fazawi, Muhammad Ilham, Eko Prabowo.
9. Teman-teman seperjuangan Elektro A3 Malam Stambuk 2016.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektronika.

Medan, 24 Mei 2021

Fredy Wandana

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN		
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR		
ABSTRAK	i	
KATA PENGANTAR	iii	
DAFTAR ISI		v
DAFTAR TABEL		vii
DAFTAR GAMBAR		viii
BAB I PENDAHULUAN		
1.1. Latar Belakang		1
1.2. Rumusan masalah		3
1.3. Ruang lingkup		3
1.4. Tujuan	4	
1.5. Manfaat		4
BAB II TINJAUAN		
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan		6
2.2. Gardu Induk		8
2.2.1. Jenis-jenis Gardu Induk		9
2.2.1.1. Gardu Induk berdasarkan Sistem Isolasinya		9
2.2.1.2. Gardu Induk berdasarkan Tegangannya		10
2.2.1.3. Gardu Induk berdasarkan Pemasangan Busbar		10
2.2.2. Peralatan-peralatan Gardu Induk		13
2.2.2.1. <i>Lightning Arrester</i>		13
2.2.2.2. Trafo Instrumen dan Panel Kontrol		14
2.2.2.3. Transformator Daya		14
2.2.2.4. Peralatan Penghubung		15
2.2.2.5. Pembumian		16
2.2.2.6. Peralatan Sekunder		16
2.2.2.7. Bangunan/gedung		16
2.3. Kawat Penghantar (Konduktor)		17
2.3.1 Impedansi		19
2.3.2 Proteksi	21	
2.3.3 Gangguan pada Saluran	22	
2.3.4 Klasifikasi Gangguan	26	
2.3.5 Pengaruh Gangguan	27	
2.3.6 Daerah Proteksi	27	
2.4. Penjelasan Umum <i>Fault Locator</i> (titik gangguan)		28
2.4.1. Menentukan Letak Titik Gangguan		29
2.4.2. Metode <i>Simple Reactance</i>		30
2.4.3. <i>Distance Relay</i>		31
2.4.4. Metode dasar impedansi penentu lokasi gangguan dan syaratnya		32
2.4.5. Identifikasi Lokasi Gangguan		32
2.4.6. Menentukan persentase error		36

BAB III METODOLOGI		
3.1	Tempat Penelitian	37
3.2	Jadwal Penelitian	37
3.3	Metode Penelitian	37
3.4	Teknik Analisa Data	35
3.5	Bagan Alir Penelitan	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Analisa Data Perhitungan	41
4.2	Perhitungan Impedansi	42
4.3	Perhitungan Zona	43
4.4	Impedansi Yang dilihat relai	43
4.5	Menentukan Jarak Gangguan	44
BAB V PENUTUP		
5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persamaan impedansi sederhana	30
Tabel 4.1	Data Teknis peralatan GI Glugur – GI Paya Geli	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gardu Induk (GI)	9
Gambar 2.2 Gardu Induk sistem ring busbar	11
Gambar 2.3 Gardu induk sistem <i>single busbar</i>	11
Gambar 2.4 Gardu Induk dengan <i>Double</i> busbar	12
Gambar 2.5 Gardu Induk dengan <i>One Half</i> / Satu Setengah Busbar	13
Gambar 2.6 Jenis – Jenis Jenis – Jenis terjadinya gangguan	24
Gambar 2.7 <i>Fault Locator</i>	25
Gambar 2.8 <i>Distance relay</i>	28
Gambar 2.9 <i>Commisioning</i> TWS FL-8 GI Glugur – GI Paya Geli 1	32
Gambar 2.10 <i>Commisioning</i> TWS FL-8 GI Glugur – GI Paya Geli 2	32
Gambar 4.1 Data Teknis Peralatan GI Glugur – GI Paya Geli	41
Gambar 4.2 Gelombang gangguan yang terjadi	45
Gambar 4.3 Data Gangguan yang terjadi	46

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 bekerja. Hal ini membuat listrik sebagai kebutuhan pokok yang tidak bisa terpisahkan dari kehidupan manusia. Ketergantungan masyarakat akan listrik menjadikan pasokan listrik menjadi sangat krusial dan harus dipenuhi. Guna memastikan bahwa investasi untuk peralatan listrik sebanding dengan energi listrik yang tersedia. (Yesansure, 2013).

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya jenis gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu : tegangan lebih (over voltage), hubungan singkat, daya balik (Reserve Power), dan beban lebih (over load). Proses penyaluran energi listrik tersebut sering dijumpai adanya gangguan yang mengakibatkan kerugian, baik di pihak penyuplai maupun konsumen. Gangguan yang terjadi bisa diakibatkan oleh kesalahan sistem, maupun gangguan dari luar seperti sambaran petir, pohon tumbang, dan badai. Gangguan tersebut menyebabkan hubung singkat satu fasa, dua fasa, atau tiga fasa. Salah satu yang menyebabkan kondisi gangguan pada sistem energi listrik yang banyak terjadi ialah gangguan hubung singkat, dimana gangguan hubung singkat ini dapat dibagi

menjadi dua bagian yaitu: gangguan simetris dan gangguan tidak simetris (asimetris). (Karl Zimmerman, 2005).

Sistem transmisi jaringan tenaga listrik adalah salah satu bagian terpenting dari penyaluran tenaga listrik. Sistem transmisi sendiri merupakan sistem dinamis kompleks yang parameter parameter dan keadaan sistemnya berubah secara terus menerus. Oleh karena itu strategi pengamanan harus disesuaikan dengan perubahan dinamis tersebut dalam hal desain dan setting peralatannya. (Stevenson, 1982).

Rele jarak (distance relay) merupakan rele pengaman utama (main protection) yang digunakan untuk meningkatkan untuk meningkatkan keamanan, stabilitas serta kontinuitas pada sistem SUTT/SUTET. Rele jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran (Z) yang harus diamankan. Besaran impedansi saluran (Z), dibagi menjadi 3 daerah cakupan yaitu zona 1, zona 2, zona 3. (Nordiansyah, 2014)

Penentuan lokasi gangguan hubung singkat pada saluran transmisi tenaga listrik umumnya berdasarkan metode yang menggunakan hasil pengukuran arus dan tegangan frekuensi sistem pada terminal yang terhubung dengan saluran transmisi yang mengalami gangguan. Algoritma lokasi gangguan telah dikembangkan pada bermacam prinsip informasi yang digunakan dalam gardu induk. Algoritma yang memanfaatkan data local itu telah di implementasikan dalam piranti tersendiri, dan tergabung dalam rele numerik. Beberapa algoritma penentuan lokasi gangguan pada saluran transmisi menggunakan bermacam metode. (Izykowski, 2007).

Oleh sebab itu, dilakukan pengujian pada jaringan 150 kv menggunakan fault locator pada gardu induk 150 kv glugur. Penelitian ini untuk dapat mengetahui kerusakan kerusakan yang terjadi pada jaringan menggunakan *fault locator*, sehingga dapat mengetahui dimana titik gangguan yang terjadi pada jaringan tersebut, serta mengetahui baik buruknya tegangan pada jaringan antara Glugur – paya geli.

Pada penelitian terdahulu oleh (alhozali ismail ,2006), mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam dengan penulisannya mengenai “ ANALISIS PENENTUAN LETAK TITIK GANGGUAN PADA SALURAN TRANSMISI JARINGAN KABEL BAWAH LAUT 150 KV ANTARA JAWA – BALI ” melakukan pengamatan dan pengambilan data pada bay penghantar jaringan 150 kv PT P3B Sumatera. Agar tak menjadi plagiat dan menduplikasi hasil pengamatan dan penelitian milik orang lain, pengukuran dan pengamatan pada penelitian ini dilakukan pada bagian jaringan 150 kv Glugur – Paya geli menggunakan *Fault locator*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumsan masalah dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana gangguan yang diakibatkan oleh gangguan sistem sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan ?
2. Bagaimana analisa perhitungan titik gangguan pada *fault locator* ?
3. Bagaimana keakuratan *tools fault locator* pada sistem pengiriman daya Glugur - Paya Geli ?

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian dari skripsi ini lebih terarah dan tanpa mengurangi maksud juga tujuan. Ruang lingkup skripsi penelitian sebagai berikut :

1. Membahas mengenai titik gangguan dengan *fault locator* Glugur – Paya Geli
2. Membahas mengenai penentuan akurasi titik kesalahan pada pada bay penghantar Glugur – Paya geli.
3. Membahas mengenai validasi metode analisi untuk akurasi dan presisi dari hasil perhitungan *fault locator* Glugur – Paya geli.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa gangguan yang terjadi akibat oleh kesalahan sistem gangguan, pohon, badai, dll sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi lokasi gangguan.
2. Mengetahui keakuratan *tools fault locator* yang terjadi bisa diakibatkan oleh kesalahan sistem, maupun gangguan dari luar seperti sambaran petir, pohon tumbang, dan badai. Gangguan tersebut menyebabkan hubung singkat satu fasa, dua fasa, atau tiga fasa.
3. Mengetahui titik gangguan pada pengiriman daya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran informasi mengenai kondisi tegangan pada jaringan 150 kv Glugur – Paya geli menggunakan *fault locator*.

2. Memberikan informasi mengenai keakuratan dan ketelitian dari tools fault locator.
3. Memberikan informasi terhadap keandalan peralatan tenaga listrik pada Gardu Induk 150 kV gugur melalui proses pengukuran tools fault locator.

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 :

Pada awal perkembangannya teknologi energi listrik dari sumber energi terbarukan masih bersifat parsial. Baik energi air, angin, ombak laut, biomassa, dan lain lain masih dirancang – bangun dan menghasilkan listrik guna mengatasi persoalan kekurangan listrik pada daerah tertentu saja. Kapasitas pembangunan energi listrik bervariasi dari ukuran kecil berukuran beberapa puluh watt dan berukuran sedang, yaitu hingga mega watt. Akan tetapi, perkembangan selanjutnya sejak awal abad ke-21 ini telah dilakukan berbagai upaya melalui penelitian-penelitian yang komprehensif tentang bagaimana mengintegrasikan pembangkit pembangkit listrik energi terbarukan dengan jaringan listrik yang sudah ada (*interconnection system*). (Syahputra, 2017).

Energi listrik sangat penting perannya dalam kehidupan manusia. Pertumbuhan yang pesat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu PLN sebagai penyedia energi listrik semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu langkah yang dilakukan yaitu dengan merencanakan membangun gardu induk 150 kv. Dengan adanya rencana pembangunan tersebut, perlu juga dilakukan perencanaan pembangunan penyaluran energi listrik melalui saluran transmisi 150 kv. Sebelum pembangunan saluran transmisi diatas tentu saja harus memperhatikan hal – hal yang

mempengaruhi perancangan peralatan tegangan tinggi yang nantinya digunakan dalam proses penyaluran energi listrik. (Lukmantoro, 2006).

Alternatif yang paling tepat untuk penyediaan daya listrik dalam waktu singkat adalah dengan sistem interkoneksi antar pulau atau antar induk. Agar kerugian daya relative kecil, maka disesuaikan dengan sistem jaringan yang sudah ada, yaitu sistem tenaga 150 kv. Kondisi transmisi kabel bawah laut ini mempunyai medan yang cukup sulit, sehingga bila terjadi gangguan akan mengalami sedikit kesulitan dalam penanggulangannya. Seperti terputusnya kabel laut, adanya kebocoran pada oil kabel yang dapat mengganggu kontinuitas dan kualitas sistem tenaga listrik di pulau Bali. (Ismail, 2005).

Deteksi lokasi gangguan secara otomatis dapat meningkatkan keandalan sistem karena dapat mempercepat proses perbaikan atau pemulihan dan juga dapat meminimalisir kerugian materi yang dapat terjadi. Jika lokasi gangguan dicari secara manual akan membuat durasi waktu pemulihan semakin lama, khususnya untuk saluran distribusi bawah tanah yang sukar dilihat lokasi gangguannya dengan cara pengamatan. Semakin lama lokasi gangguan ditemukan, maka akan semakin lama proses pemulihan. Jadi semakin lama penemuan lokasi gangguan maka akan semakin besar kerugian yang diterima oleh perusahaan. Gangguan-gangguan ini tidak dapat sepenuhnya dihindari karena sebagian dari gangguan ini juga terjadi karena alasan alami di luar kendali manusia. Oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki sistem proteksi yang terkoordinasi dengan sangat baik untuk mengetahui posisi terjadinya gangguan dalam sistem tenaga listrik dan dapat diandalkan. (Ihsan, 2017).

Saluran transmisi adalah komponen yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit dan beban. Maka dari itu, saluran transmisi harus mampu menjamin ketersediaan energi listrik secara kontinu pada setiap beban yang terhubung dengan sistem. Sebagian besar gangguan dalam sistem tenaga listrik terjadi pada saluran transmisi. Salah satu gangguan yang paling sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. pada saluran transmisi dapat menghambat kontinuitas penyaluran energi listrik. Oleh karena itu, Dalam proteksi saluran transmisi deteksi gangguan dan klasifikasi gangguan adalah dua hal penting yang perlu ditangani dengan andal dan akurat. (Otong, 2017).

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya jenis gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu : tegangan lebih (*over voltage*), hubungan singkat, daya balik (*Reserve Power*), dan beban lebih (*over load*), salah satu yang menyebabkan kondisi gangguan pada sistem tenaga listrik yang banyak terjadi ialah gangguan hubung singkat, dimana gangguan hubungan singkat ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu : gangguan simetris dan asimetris. (Sofyan, 2017).

2.2. Gardu Induk (GI)

Gardu induk (GI) adalah merupakan bagian dari sistem ketenagalistrikan yang berperan untuk menyalurkan energi listrik, baik mentransformasikan ke

tegangan yang lebih rendah ataupun ke tegangan yang lebih tinggi, juga menyalurkan daya pada tegangan yang tetap.



Gambar 2.1 Gardu Induk (GI)

2.2.1. Jenis – jenis Gardu Induk

Gardu Induk dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, baik dari sisi sistem isolasi udara maupun di darat, dari sisi tegangan, maupun dari sisi pemasangan pada busbar.

2.2.1.1. Gardu Induk Berdasarkan Sistem Isolasinya

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

1. Sistem Isolasi Gas SF₆

Pada jenis gardu induk ini, sistem isolasi nya adalah gas SF₆ (*Sulfur hexafluoride*). Gardu Induk jenis ini disebut GIS (*Gas Insulated*

Switchgear), dimana bagian yang bertegangan ditempatkan didalam suatu selubung besi yang diisi gas SF6 sebagai isolasinya. Pemasangan Gardu Induk jenis ini sangat cocok untuk lahan yang minim, karena pada penerapannya Gardu Induk jenis ini tidak memerlukan lahan yang begitu luas.

2. Sistem Isolasi Udara

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

2.2.1.2. Gardu Induk berdasarkan Tegangannya

Berdasarkan klarifikasi tegangannya, Gardu Induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

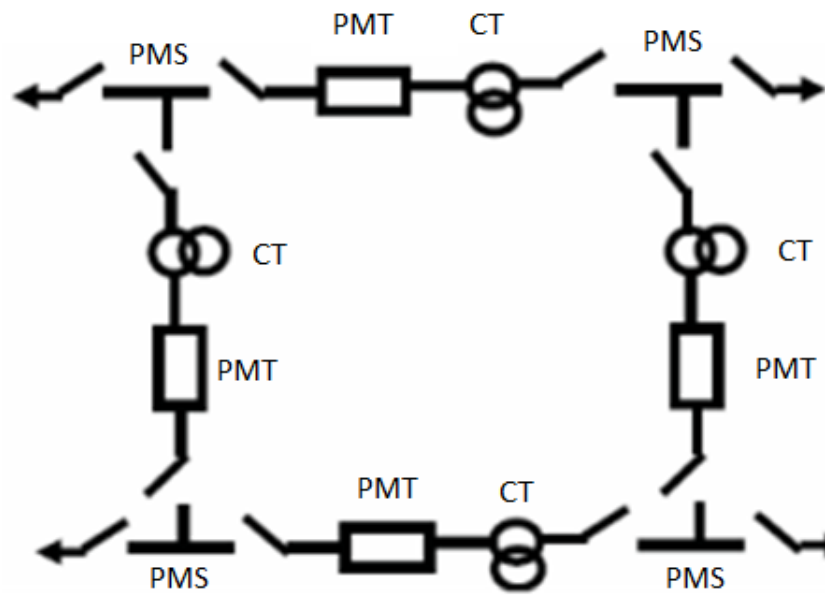
1. GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) pada tegangan 275-500 KV
2. GITT (Gardu Induk Tegangan Tinggi) pada tegangan 75-150 KV.

2.2.1.3 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

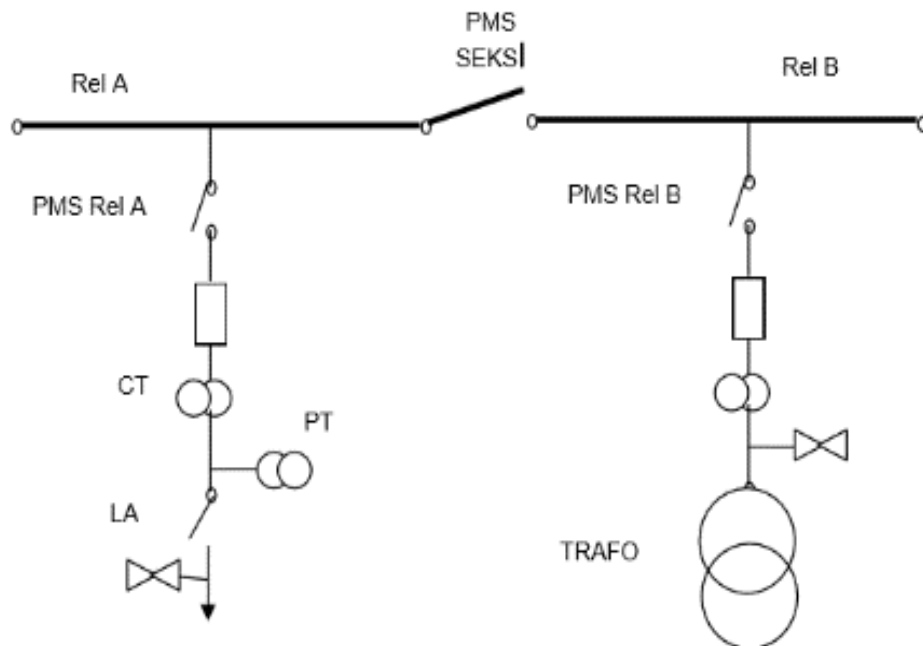
Gardu Induk sistem ring busbar ini adalah, dimana semua rel/busbar saling terhubung antara satu sama lain .



Gambar 2.2 Gardu Induk sistem ring busbar

2. Gardu Induk dengan *single* Busbar

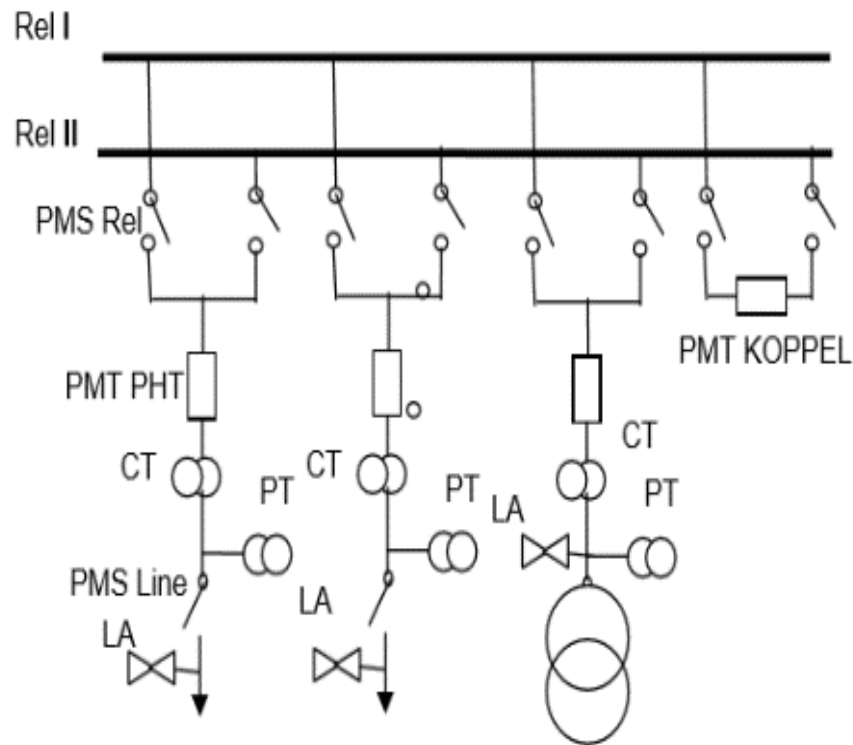
Gardu Induk dengan *single busbar* ini merupakan Gardu Induk yang hanya memiliki satu rel/busbar saja.



Gambar 2.3 Gardu Induk sistem *Single* Busbar

3. Gardu Induk dengan *Double* Busbar

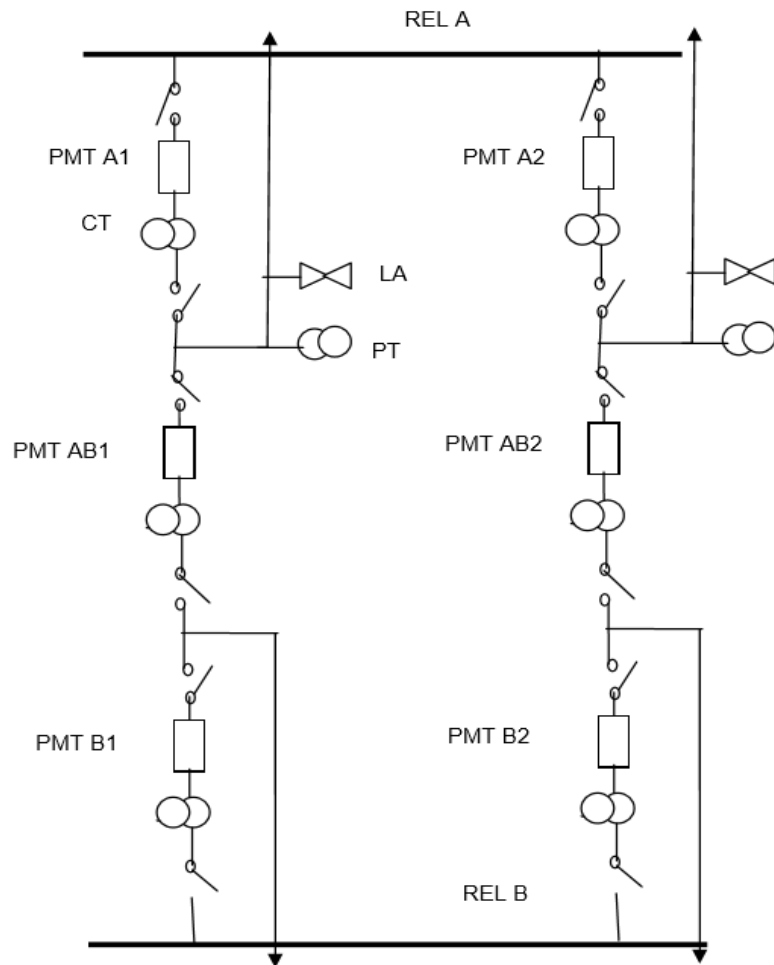
Gardu Induk ini memiliki dua busbar. Jenis ini sangat umum digunakan karena sangat efektif dalam melakukan rekonfigurasi beban ataupun *manuver* beban.



Gambar 2.4 Gardu Induk dengan *Double* busbar

4. Gardu Induk dengan *One Half* / Satu Setengah Busbar

Adalah gardu induk yang mempunyai dua atau *double* busbar, dimana pemasangan *double* busbar ini sangat efektif untuk segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban saat *manuver* sistem karena memiliki 3 buah PMT (pemutus) dalam satu diagonal yang terpasang secara seri. Gardu Induk ini umum diterapkan pada pembangkitan ataupun gardu induk vital berkapasitas besar.



Gambar 2.5 Gardu Induk dengan *One Half* / Satu Setengah Busbar

2.2.2. 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 sebagai berikut :

2.2.2.1. *Lightning Arrester*

Lightning Arrester merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari surja (baik surja hubung ataupun surja petir).

Pada saat peristiwa surja *travelling wave* atau gelombang berjalan merambat pada konduktor sistem transmisi dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya. Surja dengan panjang gelombang dengan orde mikro detik ini dinilai berbahaya bila nilai tegangan surja yang tiba diperalatan lebih tinggi dari BIL (*Basic Insulation Level*)/ level terendah dari peralatan. Untuk itu *Lightning Arrester* di pasang untuk memotong perjalanan surja tersebut lalu kemudian di bumikan.

2.2.2.2. Trafo Instrumen pada Panel Kontrol

Trafo instrumen merupakan trafo yang sangat kuat kaitannya dengan panel kontrol, dimana trafo instrument yang juga dikenal dengan trafo ukur, memiliki peran langsung terhadap pengukuran dan proteksi pada gardu induk yang ditampilkan pada panel kontrol untuk memudahkan operator dalam menjalankan tugasnya baik untuk melihat kondisi beban yang ada maupun untuk melakukan manuver beban.

Trafo instrument yang ada di gardu induk antara lain CT (*Current Transformer*) yang berfungsi untuk pengukuran dan proteksi pada arus yang terdapat di gardu induk. Dan juga PT (*Potensial Transformer*) yang berfungsi untuk pengukuran dan proteksi tegangan pada Gardu Induk.

2.2.2.3. Transformator Daya

Transformator daya merupakan peralatan paling vital yang terdapat pada gardu induk, karena pada peranannya gardu induk berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dan atau mentransformasikan energi listrik baik ke tegangan yang lebih rendah ataupun yang lebih tinggi. Jadi, trafo daya berfungsi untuk mentransformasikan energi listrik kepada tegangan yang lebih rendah ataupun

yang lebih tinggi untuk kemudian disalurkan kembali, baik kepada konsumen langsung ataupun ke gardu induk lainnya.

Trafo tersebut terdiri atas beberapa jenis, antara lain trafo 1-fasa dan 3-fasa. Dimana pada umumnya trafo 1-fasa sering digunakan pada gardu induk tegangan ekstra tinggi, sedangkan trafo 3-fasa sering digunakan pada gardu induk tegangan tinggi.

2.2.2.4. Peralatan Penghubung

Gardu induk merupakan tempat penyaluran energi listrik, baik menyalurkan tegangan ke tegangan yang lebih rendah, lebih tinggi, ataupun pada tegangan yang tetap. Maka dari itu gardu induk memerlukan beberapa peralatan penghubung. Peralatan penghubung yang dimaksud adalah rel busbar, dan pada penerapannya penghubung antara busbar dengan trafo daya dihubungkan oleh *circuit breaker* (CB) dan *disconnecting switch* (DS) pada outputnya.

Dimana masing – masing peralatan tersebut memiliki fungsi sendiri. Seperti *circuit breaker* atau juga kita kenal sebagai pemutus (PMT) berfungsi untuk memutus aliran daya listrik yang ada pada Gardu Induk. *Disconnecting switch* juga biasa kita kenal sebagai pemisah (PMT) yang berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik antar busbarnya ataupun memisahkan peralatan listrik yang bertegangan dengan yang tidak. Dan rel busbar merupakan konduktor yang berperan menghubungkan seluruh peralatan yang terdapat pada *switchyard* di gardu induk.

2.2.2.5. Penumbumian

Pada gardu induk yang umumnya peralatan terpasang di luar ruangan, sangat memungkinkan sekali untuk terkena sambaran petir, atau mungkin terkena dampak arus lebih yang biasa ditimbulkan oleh peralatan yang terdapat pada gardu induk itu sendiri. Gangguan – gangguan tersebut bila tidak dipotong dan dibumikan maka akan bisa merusak peralatan gardu induk yang lain, atau dengan kata lain gangguan bisa menyebar luas. *Arrester* dan penbumian ini sebenarnya sangat erat kaitannya, dimana *arrester* yang berfungsi untuk memotong surja petir maupun surja hubung kemudian membumikannya. Selain *Arrester* sebagai alat penbumian terdapat gantry pada gardu induk yang berfungsi untuk menopang *ground steel wire* (GSW) pada gardu induk sebagai penangkal surja petir, dan terdapat pentanahan dengan sistem grid pada gardu induk untuk membumikan surja tersebut.

2.2.2.6. Peralatan Sekunder

Peralatan sekunder juga bisa dikatakan sebagai peralatan pendukung, dimana peralatan - peralatan pendukung ini juga sangat berperan penting dalam operasional gardu induk. Peralatan – peralatan tersebut seperti baterai, pendinginan, penerangan, sumber supply dc, dan lain – lain.

2.2.2.7. Bangunan/gedung

Untuk menunjang pelaksanaan operasional gardu induk, gedung diperlukan untuk menunjang fasilitas ruangan, seperti ruang kontrol, ruang panel proteksi, ruang pimpinan dan lain sebagainya. Skala atau kapasitas gedung sendiri menyesuaikan dengan jenis Gardu Induk yang digunakan.

2.3 Kawat Penghantar (Konduktor)

Kawat penghantar (Konduktor) adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik lainnya. Kawat penghantar yang baik adalah kawat yang nilai resistansinya kecil, sehingga rugi – rugi yang dihasilkan akan kecil pula tegangan yang sampai ke beban dapat tersalurkan dengan maksimal dan dapat memanfaatkannya dengan baik.

Bahan – bahan kawat penghantar yang digunakan untuk penyaluran energi listrik harus memiliki sifat – sifat sebagai berikut :

1. Konduktivitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanikal tinggi
3. Titik berat
4. Biaya rendah
5. Tidak mudah patah

Terdapat beberapa jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi dan gardu induk, antara lain :

1. Tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%).
2. Tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%).
3. Aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%).

Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan, yaitu memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanikalnya cukup baik. Tetapi juga terdapat kelemahannya, yaitu untuk besar tahanan yang sama tembaga lebih berat dan lebih mahal dibandingkan aluminium. Oleh sebab itu kawat penghantar aluminium telah menggantikan kawat penghantar tembaga, karena harganya yang

lebih murah, lebih ringan dengan konduktivitas yang masih layak untuk diperhitungkan.

Untuk memperbesar kuat Tarik dari alumunium, digunakan campuran alumunium (*alluminium alloy*). Untuk saluran – saluran transmisi tegangan tinggi yang jarak antara menara/ tiang berjauhan sampai ratusan meter, maka dibutuhkan kawat penghantar dengan daya Tarik yang lebih kuat, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR (*Aluminium Counductor Steel Reinforced*).

Jenis – jenis kawat penghantar alumunium terdiri dari beberapa jenis, yaitu antara lain :

1. AAC (*All – Alumunium Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari bahan alumunium.
2. AAAC (*All – Alumunium Alloy Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran alumunium.
3. ACAR (*Alumunium Conductor Alloy Reinforced*), yaitu kawat penghantar alumunium yang diperkuat dengan logam campuran.
4. ACSR (*Alumunium Conductor Steel Reinforced*), pada konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa steel yang mempunyai kuat mekanik tinggi, sedangkan bagian luarnya berupa alumunium yang mempunyai konduktivitas tinggi. Karena sifat elektron yang lebih menyukai bagian luar konduktor daripada bagian sebelah dalamnya, maka sebagian saluran transmisi menggunakan konduktor jenis ACSR.
5. TACSR (*Thermal Alumunium Conductor Steel Reinforced*), sama seperti konduktor jenis ACSR. Kawat penghantar ini berjenis alumunium dengan inti kawat baja. Namun, konduktor jenis ini mempunyai kapasitas yang

lebih besar tetapi berat konduktor tidak mengalami perubahan yang banyak. Konduktor jenis ini cocok digunakan pada saluran transmisi yang berkapasitas besar.

6. ACCC (Aluminium Conductor Composite Core), pada konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa composite yang mempunyai kuat mekanik tinggi, dikarenakan tidak dari bahan konduktif, maka bahan ini tidak mengalami pemuaian saat dibebani arus maupun tegangan. Sedangkan bagian luarnya berupa aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi.

Dalam gardu induk sendiri kawat penghantar ini berfungsi sebagai tempat jalannya tegangan yang kemudian akan disalurkan kepada beban. Pada proses penyaluran tegangan ke beban inilah terdapat sambungan-sambungan antara kawat penghantar dengan klem-klem, dimana hal tersebut berfungsi untuk membelokkan perjalanan tegangan agar sampai ke beban.

2.3.1 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Semua beban memiliki beberapa tingkah hambatan listrik, yang menyebabkan beberapa energi akan hilang sebagai panas, dan mengurangi aliran arus. Dalam arus bolak balik (AC) ada faktor yang berkontribusi terhadap impedansi, yakni : kapasitansi dan induktansi atau biasa yang dikenal dengan 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

XL. Demikian pula dengan hukum ohm untuk hambatan, impedansi dapat dinyatakan sebagai :

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

Dimana :

Z = Impedansi (ohm)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

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

Impedansi saluran transmisi dalam satuan per unit adalah :

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

Dimana :

Z = Impedansi penyulang (pu)

Z base = impedansi dasar (ohm)

Z saluran = impedansi saluran (ohm)

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

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

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

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

Dimana

Z = Impedansi (Ohm)

R = Resistansi (Ohm)

Xl = Reaktansi Induktif (Ohm)

Xc = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

2.3.2 Sistem Proteksi

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

Jika gangguan terjadi pada sebuah elemen sistem tenaga, sebuah peralatan otomatis diperlukan untuk mengisolasi bagian yang terganggu secepat mungkin dalam orde detik, sehingga bagian yang tidak terkena gangguan dapat beroperasi normal. Jika gangguan hubung singkat dibiarkan lama hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian penting dari sistem tenaga. Arus hubung singkat yang disertai busur api dapat menyebabkan kebakaran dan meluas ke peralatan lain,

tegangan sistem dapat turun pada level yang rendah. Untuk generator–generator yang berada dalam satu grup di suatu pembangkit dengan pembangkit lainnya dapat kehilangan sinkronisasi. Selanjutnya jika gangguan–gangguan itu tidak diamankan segera dapat menyebabkan pemadaman total. Sistem proteksi yang terdiri dari pemutus tenaga (PMT) beserta relai proteksi berfungsi mengisolasi bagian yang terganggu dan relai proteksi mendeteksi dan mengalokasikan gangguan serta memberikan perintah (sinyal) ke PMT untuk memutuskan.

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

2.3.3 Gangguan pada Saluran

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

Pada umumnya gangguan – gangguan pada saluran transmisi dan distribusi disebabkan sambaran kilat (langsung dan tak langsung), surja hubung

atau gangguan hubung singkat ke tanah atau saluran yang putus. Pepohonan yang menyentuh saluran terutama dalam keadaan basah (hujan), hewan seperti burung, dan lainnya yang dapat memperpendek jarak aman sehingga ada kemungkinan terjadinya loncatan api.

1. Gangguan Beban Lebih

Beban lebih mungkin tidak tepat disebut sebagai gangguan. Namun karena beban lebih adalah suatu keadaan abnormal yang apabila dibiarkan terus berlangsung dapat membahayakan peralatan, jadi harus diamankan, maka beban lebih harus ikut ditinjau.

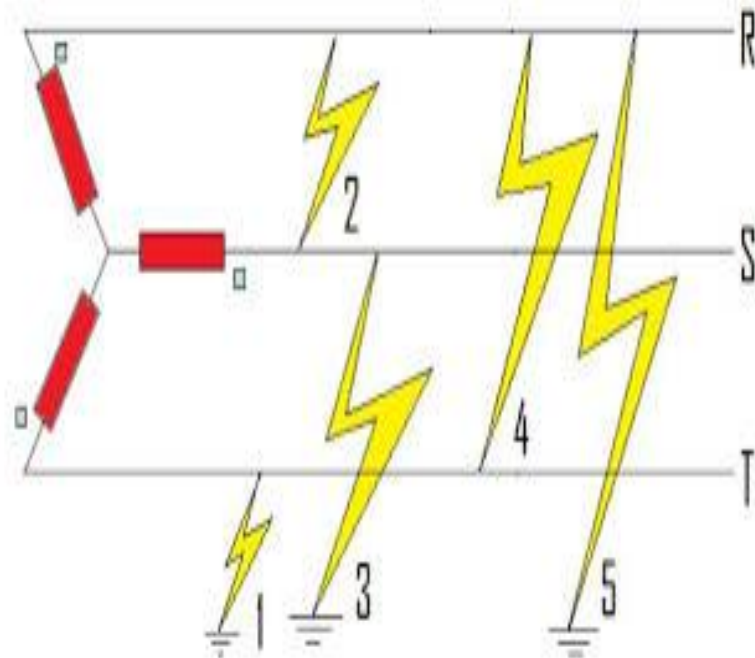
Beban lebih dapat terjadi pada trafo atau pada saluran karena beban yang dipasoknya terus meningkat, atau karena adanya manuver atau perubahan aliran beban di jaringan setelah adanya gangguan. Beban lebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebihan yang selanjutnya panas yang berlebihan itu dapat mempercepat proses penuaan atau memperpendek umur peralatan listrik.

2. Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit)

Gangguan hubung singkat dapat terjadi antara fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau antara 1 fasa ke tanah, dan dapat bersifat temporer (non persistent) atau permanent (persistent). Gangguan yang permanent misalnya hubung singkat yang terjadi pada kabel, belitan trafo atau belitan generator karena tembusnya (break downnya) isolasi padat. Gangguan temporer misalnya akibat flashover karena sambaran petir, pohon, atau tertiuip angin.

Gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan secara termis dan mekanis. Kerusakan termis tergantung besar dan lama arus gangguan,

sedangkan kerusakan mekanis terjadi akibat gaya tarik-menarik atau tolak-menolak.



Gambar 2.6 Jenis – Jenis terjadinya gangguan

Keterangan pada gambar di atas :

1. Hubung singkat 1 fasa ke tanah
 2. Hubung singkat 2 fasa (antar fasa)
 3. Hubung singkat 2 fasa ke tanah
 4. Hubung singkat 3 fasa
 5. Hubung singkat 3 fasa ke tanah
3. Gangguan Tegangan Lebih

Tegangan lebih dapat dibedakan sebagai berikut :

- Tegangan lebih dengan power frequency
- Tegangan lebih transient

Tegangan lebih transient dapat dibedakan :

- Surja Petir (Lightning surge)

- Surja Hubung (Switching surge)

Timbulnya tegangan lebih dengan power frequency, dapat terjadi karena :

1. Kehilangan beban atau penurunan beban di jaringan akibat switching, karena gangguan atau karena maneuver.
2. Gangguan pada AVR (Automatic Voltage Regulator) pada generator atau pada on load tap changer dari trafo.
3. Over speed pada generator karena kehilangan beban
4. Gangguan Kurangnya Daya

Kekurangan daya dapat terjadi karena tripnya unit pembangkit (akibat gangguan di prime movernya atau di generator) atau gangguan hubung singkat di jaringan yang menyebabkan kerjanya relay dan circuit breakernya yang berakibat terlepasnya suatu pusat pembangkit dari sistem. Jika kemampuan atau tingkat pembebanan pusat atau unit pembangkit yang hilang atau terlepas tersebut melampaui spinning reserve system, maka pusat-pusat pembangkit yang masih ada akan mengalami pembebanan yang berlebihan sehingga frequency akan merosot terus, yang bila tidak diamankan akan mengakibatkan tripnya unit pembangkit lain (cascading) yang selanjutnya dapat berakibat runtuhnya (collapse) sistem (pemadaman total).

5. Gangguan Ketidakstabilan (Instability)

Gangguan hubung singkat atau kehilangan pembangkit dapat menimbulkan ayunan daya (power swing) atau yang lebih hebat dapat menyebabkan unit-unit pembangkit lepas sinkron (out of synchronism).

Power swing dapat menyebabkan relay pengaman salah kerja yang selanjutnya menyebabkan gangguan yang lebih luas. Lepas sinkron dapat mengakibatkan berkurangnya pembangkit karena tripnya unit pembangkit tersebut atau terpisahnya sistem, yang selanjutnya dapat menyebabkan gangguan yang lebih luas bahkan runtuh (collapse).

2.3.4 Klasifikasi Gangguan

Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dibedakan :

1. Berdasarkan jenis gangguan

- Gangguan simetris

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

- Gangguan tidak simetris

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

2. Berdasarkan lama waktu gangguan

- Gangguan Temporer

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

- Gangguan Permanen

Gangguan permanen baru dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah

bagian yang terganggu itu di isolir dengan bekerjanya PMT.

2.3.5 Pengaruh Gangguan

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

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

2.3.6 Daerah Proteksi

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

oleh sebuah proteksi tertentu dan biasanya melindungi satu atau dua elemen pada sistem tenaga.

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

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

2.4 Penjelasan umum *Fault Locator* (titik gangguan)

Fault Locator merupakan peralatan perekam/pengolah analog input Arus dan Tagangan, dan melakukan proses recording yang kemudian hasilnya adalah menentukan jarak lokasi gangguan pada saluran transmisi.



Gambar 2.7 *Fault Locator*

Keandalan penyaluran tenaga listrik merupakan hal yang sangat vital dalam dunia kelistrikan. Kontinuitas penyaluran energi listrik tersebut merupakan tolak ukur masyarakat bagi kinerja PLN itu sendiri. Namun dalam sistem tenaga listrik tidak luput dari terjadinya Gangguan/*Fault*. Gangguan pada sistem tenaga listrik terbagi menjadi dua yaitu gangguan sistem dan juga gangguan non sistem.

Untuk mengevaluasi jenis gangguan yang terjadi dibutuhkan peralatan bantu yang memonitor peralatan sistem tenaga listrik secara real time dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. Layaknya seperti “ *Black box* ” dalam sebuah pesawat terbang. Alat ini membantu dengan memberikan data data yang berhasil direkam pada waktu sebelum, selama dan sesudah peralatan yang dimonitor mengalami gangguan/anomali. Data hasil rekaman tersebut menjadi sangat penting karena dapat digunakan untuk menganalisa penyebab dan akibat gangguan/anomali

Yang terjadi dan bahkan dapat menentukan langkah langkah antisipasi agar gangguan/ anomali yang sifatnya merusak peralatan atau mengganggu operasional dan pelayanan tidak terjadi lagi.

2.4.1 Sistem pencarian letak titik gangguan

Langkah – langkah yang harus dilakukan pada pencarian letak titik gangguan adalah sebagai berikut :

1. Mula mula setiap terminal (teras) kabel diukur terhadap gangguan tanah. Satu ujung megger ditanahkan dan setiap penghantar secara bergiliran dihubungkan dengan ujung yang lain megger. Jika megger

menunjukkan tahanan nol selama pengukuran, maka penghantar ke tanah yang salah atau rusak ditetapkan/ditentukan.

2. Memeriksa tahanan isolasi diantara penghantar. Dalam hal ini bila ada gangguan, maka megger akan menunjukkan $R = 0$.
3. Melakukan pengukuran dengan cara membalik kutub megger. Bila ada perbedaan hasil pengukuran, berarti isolasi kabel terdapat kelembapan. Kelembapan di dalam kabel akan membentuk tegangan saluran antara sarung timbal dan penghantar yang disebabkan oleh beda konduktifitas dari logam. Dari komponen peresap akan membentuk asam organik bila dimasuki air.
4. Metode ujung bagian akhir dapat menjadi pilihan yang tepat, tapi membutuhkan data dari dua terminal. Data harus diambil dari kedua ujung sebelum algoritma dapat dipakai.

2.4.2 Metode *simple reactance*

Metode berbasis dengan tinjauan satu terminal ini membandingkan impedansi saluran terukur (Z_{1L}) dan impedansi yang dihitung ketika gangguan (V_s / I_s) untuk menentukan lokasi gangguan. Metode ini untuk menunjukkan Keakuratan tergantung pada sudut I_s yang sama dengan sudut I_r . Maka persamaan yang didapatkan adalah :

$$V_s = m \cdot Z_{1L} \cdot I_s + R_f \cdot I_f \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

V_s = tegangan terminal S

m = jarak per unit menuju gangguan

Z_{1L} = impedansi urutan positif saluran

I_s = arus terminal dari S

R_f = reaktansi gangguan

I_f = arus gangguan

2.4.3 *Distance relay*

Pada proteksi saluran udara tegangan tinggi, rele jarak digunakan sebagai pengaman utama sekaligus sebagai pengaman cadangan untuk saluran transmisi yang berdekatan. Hal ini didasarkan bahwa impedansi saluran transmisi berbanding lurus dengan jaraknya sehingga memungkinkan dilakukan pengukuran impedansi berdasarkan panjang salurannya.

Prinsip dasar dari rele jarak atau *distance relay* adalah berdasarkan rasio perbandingan tegangan dan arus gangguan yang terukur pada lokasi relay terpasang (*apparent impedance*), untuk menentukan apakah gangguan yang terjadi berada di dalam atau diluar zona yang diproteksinya. Rele jarak hanya bekerja untuk gangguan yang terjadi antara relay dan batas jangkauan (*reach setting*) yang telah ditentukan. Rele jarak juga dapat bekerja untuk mendeteksi gangguan antar fasa (*phase fault*) maupun gangguan ke tanah (*ground fault*).

1. Dengan menggunakan ujung bagian akhir dari lokasi gangguan yang memakai metode impedansi merupakan fitur standard dalam kebanyakan relay. Ujung bagian awal ke ujung bagian akhir dari metode impedansi menggunakan algoritma yang sederhana.
2. Metode ujung bagian akhir dapat menjadi pilihan yang tepat, tapi membutuhkan data dari kedua terminal.
3. Metode impedansi yang paling populer dalam penentuan lokasi gangguan ialah *metode simple reactance*, *metode fault locator* dan *metode squance*.

Dasar untuk menghitung penentuan lokasi gangguan dari impedansi dapat dilakukan pada semua jenis lokasi gangguan fasa ketanah dan arus fasa pada fasa lain jalur ke jalur, jika rangkaian impedansi Z_0 diketahui, maka dapat diperkirakan lokasi gangguan pada gangguan fasa je tanah.

Jika resistansi gangguan dianggap nol, maka lokasi gangguan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Persamaan impedansi sederhana

Fault type	Positive-Sequence Impedance Equation (mZ1L =)
a – netral	$V_a / (I_a + k \cdot 3 \cdot I_0)$
b – netral	$V_b / (I_b + k \cdot 3 \cdot I_0)$
c – netral	$V_c / (I_c + k \cdot 3 \cdot I_0)$
a- b or a – b – n	V_{ab} / I_{ab}
b – c or b – c – n	V_{bc} / I_{bc}
c – a or c – a – n	V_{ca} / I_{ca}

a – b – c	Any of the following : $V_{ab}I_{ab}, V_{bc} / I_{bc},$ V_{ca} / I_{ca}
-----------	---

Dimana :

k = adalah $(Z_{0L} - Z_{1L}) / 3Z_{1L}$

Z_{0L} = adalah rangkaian saluran impedansi urutan nol

Z_{1L} = adalah rangkaian saluran impedansi urutan positif

m = adalah jarak perunit untuk gangguan

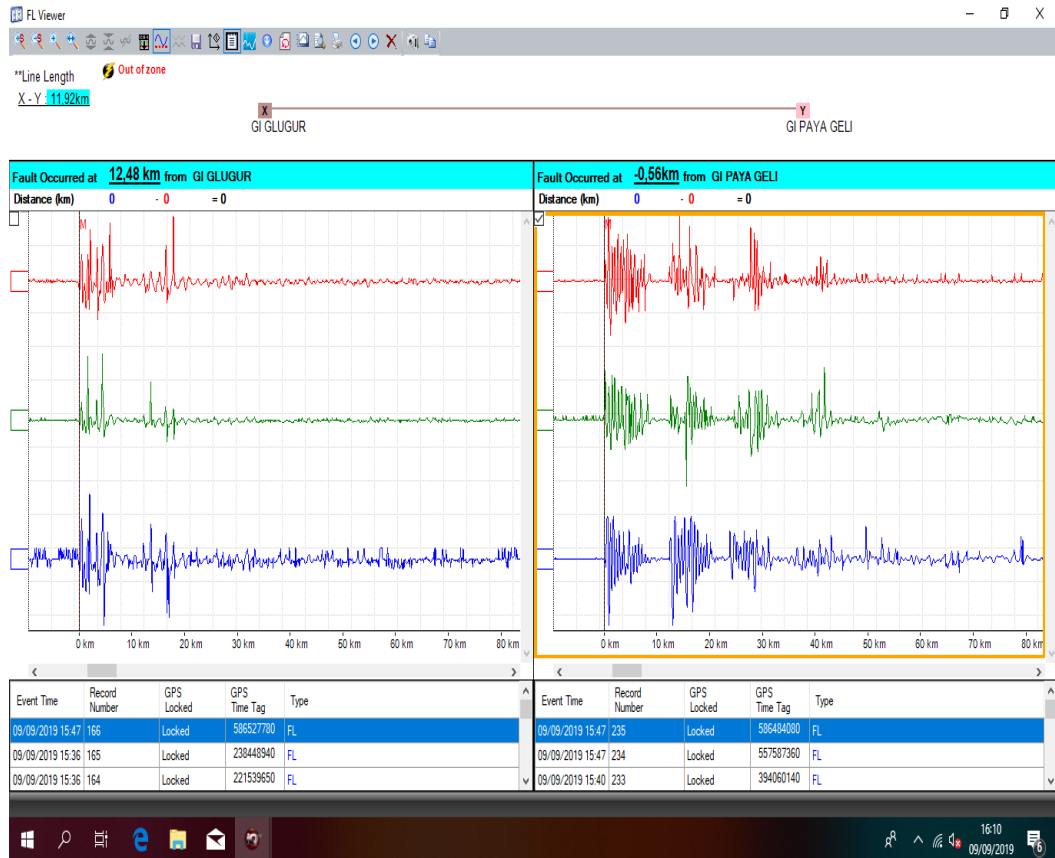
I_0 = adalah rangkaian arus urutan nol

Berikut ini merupakan kondisi yang dapat menyebabkan error pada metode dasar penentu lokasi gangguan, ialah :

1. Efek gabungan dari gangguan resistansi dan beban,
2. Rangkaian nol saling berpasangan,
3. Pemodelan rangkaian nol error,
4. Sistem non homogen,
5. Sistem pada *infeeds*,
 - Remote atau terminal ketiga pada infeed,
 - Beban tapped dengan sumber rangkaian,
6. relay yang tidak dapat untuk diukur, instrument trafo, atau jalur pada parameter.



Gambar 2.9 Commissioning TWS FL 8 Glugur – Paya Geli 1



Gambar 2.10 Commissioning TWS FL 8 Glugur – Paya Geli 2

2.4.5. Menentukan Letak Gangguan

Titik gangguan (*fault locator*) digunakan disaluran transmisi sebagai pengaman utama (*main protection*). Prinsip kerja relai jarak mengukur tegangan pada titik relai dan arus gangguan yang terlihat dari titik relai, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Dengan nilai impedansi yang dibaca oleh relai, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca relai} \times \frac{CT}{PT} \times L}{ZL} \dots (2.8)$$

Dimana :

CT = Rasio CT

PT = Rasio PT

L = Panjang saluran (km)

ZL = Impedansi Saluran (Ohm)

2.4.6 Menentukan Persentase *Error*

Persamaan persentase error jarak lokasi titik gangguan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\%error = \frac{\text{jarak}_{aktual} - \text{jarak}_{prediksi}}{\text{jarak}_{total}} \dots (2.9)$$

Dimana :

Jarak_{aktual} = jarak actual 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 Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 KV Glugur Jalan K.L Yos Sudarso Lor. 12 Medan.

3.2 Jadwal Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai dari tanggal 20 Februari sampai dengan 28 Februari.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 20 Februari sampai dengan 28 Februari 2021 bertempat di GI glugur. Objek penelitian ini adalah hal – hal yang berkaitan dengan masalah relai jarak *fault locator* pada saluran transmisi saluran GI Glugur – GI Paya Geli. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang diambil sesuai dengan kondisi di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari studi literatur baik berupa buku, jurnal – jurnal, rekap pembukuan GI Glugur, melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing akademik, pegawai PT PLN (PERSERO) bagian HAR (pemeliharaan proteksi), dan HAR transmisi yang bersangkutan sehingga data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Untuk menyelesaikan tugas akhir maka dilakukan beberapa metode :

1. Study literatur

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

2. Pengumpulan data

Melakukan pengambilan data pada sistem transmisi saluran GI Glugur – GI Paya Geli.

3. Analisa Data

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

4. Kesimpulan

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

3.4 Teknik Analisa Data

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

1. Melakukan pengumpulan data

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

1. Rasio CT dan Rasio PT.

2. Data spesifikasi kabel saluran.

3. Jarak saluran.

4. Impedansi Gangguan

5. Impedansi Saluran

6. Spesifikasi *Fault locator*

2. Pengolahan data

Data yang sudah didapat akan diolah untuk mendapatkan hasil pengaturan relai jarak agar relai dapat bekerja sesuai dengan waktu dan ketentuannya. Dalam pengolahan data yang akan mencari titik gangguan secara perhitungan manual..

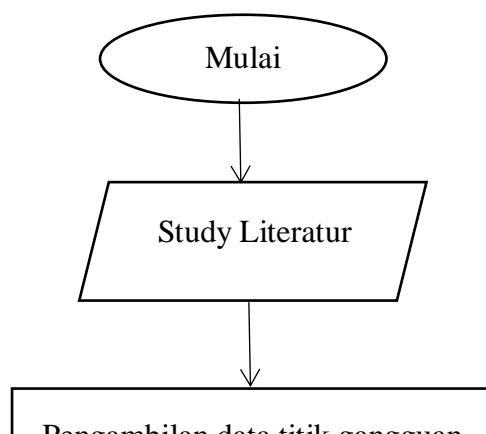
3. Analisa Hasil Perhitungan

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

4. Pembuatan laporan

Hasil dari keseluruhan akan dituliskan pada tugas akhir.

3.5 Bagan Alir Penelitian.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Perhitungan

Hasil dari penelitian sistem transmisi ini berupa nilai analisa perhitungan secara teori dengan perbandingan terhadap pembacaan fault locator yang prinsip kerjanya dengan penerapan TWS (*Travel Wave Signal*).

PT PLN (Persero) UIP3B SUMATERA	FORMULIR PERHITUNGAN SETTING PROTEKSI	SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001 : 2015	
No.Dokumen	FR-TRS-BOP-034	Tanggal	6 Juni 2019
Revisi	3	Halaman	1 dari 10

OVERVIEW DAN DATA TEKNIS PERALATAN

TIPE RELAY : MICOM P442

LOKASI : GI 150 kV Glugur
PROTEKSI BAY : Penghantar Paya Geli 1 dan 2

PHT L1 : Glugur – Paya Geli 1 (11.92 km)
 Ukuran : ACSR 1x300 mm² CCC : 745 A
 Z+ : 0.10308+j.0.41822ohm/km
 Z0 : 0.25308+j.1.25466ohm/km

PHT L2 : Paya Geli – Binjai (13.92 km)
 Ukuran : ACCC 2 x 310 mm²
 Z+ : 0.04887+j.0.23359 ohm/km
 Z0 : 0.19887+j.0.70077 ohm/km

PHT L3 : Paya Geli – Paya Pasir (21.27 km)
 Ukuran : ACSR 1x240 mm²
 Z+ : 0.08388+j.0.40054 ohm/km
 Z0 : 0.23388+j.1.20162 ohm/km

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

Catatan :

1. 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 I UIP3B Sumatera.
2. Sebelum instalasi tersebut beroperasi maka pemohon/peminta setting **wajib mengirimkan ke UIP3B Sumatera Bidang Transmisi** (email : proteksitrans1.p3bs@gmail.com) hal-hal sebagai berikut:
 - a. Formulir Perhitungan Setting Proteksi yang telah diverifikasi bersama.
 - b. File hasil download setting dari relay proteksi sesuai dengan penerapan

..... 2020

.....

Spv. PMO
Staff PMO

UIP3BS Bidang Sistem Transmisi I Sub-Bidang Proteksi					
Halaman	SETTING PROTEKSI	Dibuat Oleh	Dievaluasi Oleh	Disetujui Oleh	Tanggal :
1 dari 10	GLGUR – PGELI 1,2	RCH	LHR	SYF	14 JUL 2020

Gambar 4.1 Data Teknis Peralatan GI Glugur – GI Paya Geli

4.2 Perhitungan Impedansi

Berdasarkan nilai impedansi gangguan yang terbaca oleh *Fault locator* , apabila terjadi gangguan disepanjang saluran maka letak gangguan itu bisa diketahui menggunakan jaraknya menggunakan Fault Locator :

1. GI Glugur – GI Paya Geli 1

- Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 1

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,25308$$

$$= 3,01 \text{ Ohm}$$

- Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 2

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,10308$$

$$= 1,22 \text{ Ohm}$$

2. GI Glugur – GI Paya Geli 2

- Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 1

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,25308$$

$$= 3,01 \text{ Ohm}$$

- Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 2

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,10308$$

$$= 1,22 \text{ Ohm}$$

4.3 Perhitungan Zona

Perhitungan nilai impedansi masing-masing zona sebagai berikut :

1. GI Glugur – GI Paya Geli 1

Zona 1

$$\begin{aligned}Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\ &= 0,8 \times 3,01 \text{ Ohm} \\ &= 2,408 \text{ Ohm}\end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 11,92 = 9,5$ Km. Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengaman utama $t = 0$ s.

2. GI Glugur – GI Paya Geli 1

Zona 2

$$\begin{aligned}Z1 &= 0,8 \times ZL2 \\ &= 0,8 \times 1,22 \text{ Ohm} \\ &= 0,976 \text{ Ohm}\end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 2,42 = 1,93$ Km. Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu $t = 0,4$ s.

4.4 Impedansi Yang Dilihat Oleh Relai

Nilai impedansi yang dilihat relay sebagai berikut :

1. GI Glugur – GI Paya Geli 1 dan 2

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

Maka,

Nilai impedansi yang dibaca :

$$Z1 = n \times Z1$$

$$= 0,66 \times 2,408$$

$$= 1,389 \text{ Ohm}$$

4.5 Menentukan Jarak Gangguan

1. GI Glugur – GI Paya Geli

- Glugur – Paya Geli

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL}$$

$$= \frac{1,3 \Omega \times \frac{1000/1}{150000/100} \times 11,92}{3,01}$$

$$= 3,31 \text{ Km}$$

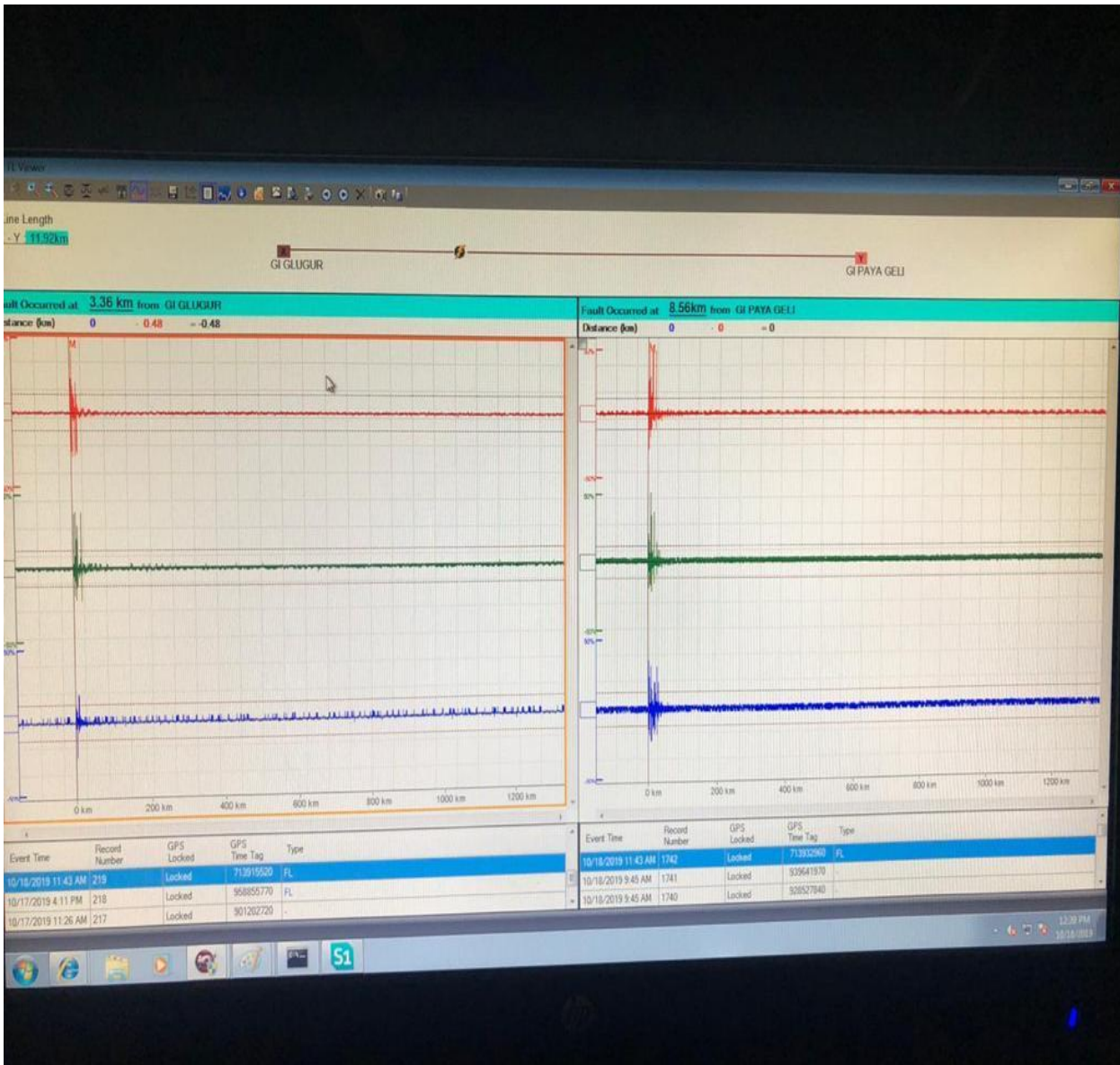
2. Error peralatan

$$\%error = \frac{\text{jarak}_{\text{aktual}} - \text{jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{jarak}_{\text{total}}}$$

$$\% error = \frac{3,38 - 3,31}{11,92}$$

$$= 0,005 \%$$

Kinerja *Fault Locator* yang baik pada saluran transmisi 150 KV tergantung perbedaan impedansi kawat saluran. Untuk mendapatkan kinerja yang baik juga harus tepat dalam melakukan perhitungan guna mengetahui gangguan pada titik saat terjadinya gangguan.



Gambar 4.2 Gelombang gangguan yang terjadi

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwasannya gelombang TWS menunjukkan adanya gangguan di titik 3,38 Km dari GI Glugur.

Friday 18 October 2019 11:31:02.095		Fault Recorded
Description		MiCOM
Plant reference		MiCOM
Model number		P44231AB7M0550K
Address		001 Column: 01 Row: 00
Event type		Fault Record
Category		0
Event Value		0
Active Group		1
Faulted Phase		01111011
0 Start A		ON
1 Start B		ON
2 Start C		OFF
3 Start N		ON
4 Trip A		ON
5 Trip B		ON
6 Trip C		ON
Start Elements		000000000000001000000000
Tripped Elts		000000000000000100000000
Time Stamp		Friday 18 October 2019 1
Fault Alarms		0000000000000000
System Frequency		50.14 Hz
Fault Duration		61.49ms
Relay Trip Time		79.77ms
Fault Location		3.283km
IA		3.726kA
IB		4.100kA
IC		300.4 A
VAN		42.36kV
VBN		38.73kV
VCN		80.50kV
Fault Resistance		587.6mOhm
Fault in Zone		Zone 1
Tripped Elts 2		000000000000000000000000
Start Elements 2		0000000000000000

Gambar 4.3 Data Gangguan Yang terjadi

Dan setelah dilakukan analisa perhitungan secara teori dari spesifikasi data gangguan yang telah di download menunjukkan jika perhitungan titik gangguan yang ditampilkan *fault locator* adalah benar. Dapat dikatakan *fault locator* pada gardu induk Glugur menunjukkan hasil yang baik. Oleh sebab itu *fault locator* pada gardu induk sangat berperan penting sebagai penguat dan pembanding dalam penentuan titik gangguan yang terjadi pada SUTT 150 Kv Glugur – Paya Geli 1 maupun Glugur – Paya Geli 2. Sehingga, penanganan gangguan yang

diharapkan bisa berlangsung cepat dan akurat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Gangguan fault locator (TWS) dirasakan ketika gelombang yang dikirimkan dari GI A ke GI B diterima kembali ke GI A demikian juga dengan GI B yang mengirimkan gelombang ke GI A yang diterima kembali ke GI B.
2. Analisa perhitungan pada penentuan titik gangguan secara teori mendapatkan hasil yang menunjukkan titik gangguan berada pada 3,01 Km dari GI glugur dan fault locator menunjukkan titik gangguan pada berada pada 3,38 Km dari Gi glugur. Sehingga dapat dikatakan akurasi *fault locator* cukup baik.
3. Berdasarkan hasil secara anilisa perhitungan dan tampilan *fault locator* menunjukkan bahwa selisih *error* dari perhitungan terhadap peralatan adalah $> 5\%$.

5.2 Saran

Dari penelitian tugas akhir diatas, saran dari penulis sebagai berikut :

1. Menjaga peralatan saluran transmisi dari gangguan yang dapat terjadi (pohon, petir, dll) secara baik dan benar.
2. Melakukan pengujian dalam pemeliharaan secara rutin agar dapat mengetahui kondisi kesiapan peralatan proteksi seperti *fault locator*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ghasem Derakshan, Karim ROSHAN MILANI Amir ETEMAD Heidarali SHAYANFAR and Usef Sarafranz, 2013, "Management and Operation of Electricity Distribution networks on Geographic Information system", Stockholm, CIRED. 2013
2. Christophe Prév , "Protection of Electrical Networks", Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, pp 77-111, 2006
3. Saha, M.M., Izykowski J., Rosolowski E., "Fault Location on Power Network", Sringre, Sweden, 2010
4. H.Mokhlis, L.J.Awalin et al, "Three Phase Fault Algorithm in Distribution System by Using Database Approach and Impedance Based Method" IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Kota Kinabalu Sabah, Malaysia, 2012
5. R. Das "Determining The Locations of Fault in Distribution Systems" Ph.D Thesis. College of Graduate Studies and Research, University of Savkochrwatr, Saskatchewan, 1998.
6. Friska Luvia Narulita, "Prediksi Lokasi Gangguan jaring Distribusi Listrik Berbasis Peta Google Earth dan Single Line Diagram", Jurnal Teknik POMITS Vol.10, No.1, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2012.
7. Joko Wigati Katresnan, "Penggunaan Substation Automation System untuk Managemen Gangguan dan Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Sistem Jaringan Distribusi 20kV Kota surabaya", Penelitian Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2014.
8. Teng Jen-Hao, Systematic Short-circuit Analysis Method for Unbalanced Distribution Systems", IEE, Proc.-Gener. Transm. Distrib, Vol 152, No. 4, July 2005.
9. Wahyu, P.(n.d). Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Akibat Penggantian Penghantar SUTT 150KV Klaten-Peda.
10. Ilmiah, P., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono.
11. Elektro, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2015). Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak (Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli– Banda Aceh).
12. Kusuma, A. P. (n.d.). Evaluasi Setting Rele Jarak Transmisi 150 KV Senggiring - Singkawang.
13. Ilmiah, P., Ilmiah, P., Ariyanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 KV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar.
14. Hidayat, A. W., Gusmedi, H., Hakim, L., & Despa, D. (n.d.). Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung.
15. Abdul, Khadir. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.

ANALISA PENENTUAN TITIK GANGGUAN PADA JARINGAN 150 Kv GLUGUR-PAYA GELI MENGGUNAKAN *FAULT LOCATOR*

Fredy wandana¹, Zulfikar ST.,MT²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, 20238 Medan Sumatera Utara, Indonesia

e-mail: wandanafredy@gmail.com

Abstrak— Titik gangguan (*fault locator*) digunakan disaluran transmisi sebagai pengaman utama (*main protection*). Gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak terpasang. Analisa perhitungan menggunakan metode berbasis penentuan titik gangguan secara teori mendapatkan hasil yang menunjukkan titik gangguan berada pada 3,31 Km dari GI glugur dan *fault locator* menunjukkan titik gangguan pada berada pada 3,38 Km dari Gi glugur. Sehingga dapat dikatakan akurasi *fault locator* cukup baik. Peralatan yang dikatakan baik adalah peralatan yang persentase errornya dibawah 5% sehingga dapat dikatakan peralatan *fault locator* dalam kondisi baik dan dapat digunakan secara optimal. Proteksi tidak hanya diperlukan terhadap hubung singkat, tetapi juga untuk kondisi abnormal lainnya seperti kecepatan lebih pada generator dan motor, tegangan lebih, frekuensi berkurang, kehilangan eksitasi, pemanasan lebih pada stator dan rotor generator dan lain-lain. Relai proteksi tidak mengantisipasi atau mencegah terjadinya gangguan dan relai bekerja hanya setelah terjadi gangguan.

Kata kunci : titik gangguan, impedansi, error peralatan

Abstract— *Fault locator is used in transmission line as main protection. Disturbance to the transmission system is mitigated by distance depending on where and how far the interference is from the attached distance relay. Analysis of calculations using the method based on determining the fault point theoretically obtained results that indicate the fault point is at 3.31 Km from GI glugur and the fault locator shows the fault point is at 3.38 Km from Gi glugur. So it can be said that the accuracy of the fault locator is quite good. Equipment that is said to be good is equipment whose error percentage is below 5% so that it can be said that the fault locator equipment is in good condition and can be used optimally. Protection is not only required against short circuits, but also for other abnormal conditions such as over speed of the generator and motor, overvoltage, reduced frequency, loss of excitation, overheating of the generator stator and rotor and others. Protection relays do not anticipate or prevent disturbances and the relay operates only after a fault has occurred.*

Keywords : *fault locator, impedance, equipment error*

I. Pendahuluan

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 bekerja. Hal ini membuat listrik sebagai kebutuhan pokok yang tidak bisa terpisahkan dari kehidupan manusia. Ketergantungan masyarakat akan listrik menjadikan pasokan listrik menjadi sangat krusial dan harus

dipenuhi Guna memastikan bahwa investasi untuk peralatan listrik sebanding dengan energi listrik yang tersedia. (Yesansure, 2013). Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya jenis gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu : tegangan lebih (*over voltage*), hubungan singkat, daya balik (*Reserve Power*), dan beban lebih (*over*

load). Proses penyaluran energi listrik tersebut sering dijumpai adanya gangguan yang mengakibatkan kerugian, baik di pihak penyuplai maupun konsumen.

II. TINJAUAN Pustaka

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

Pada awal perkembangannya teknologi energi listrik dari sumber energi terbarukan masih bersifat parsial. Baik energi air, angin, ombak laut, biomassa, dan lain lain masih dirancang – bangun dan menghasilkan listrik guna mengatasi persoalan kekurangan listrik pada daerah tertentu saja. Kapasitas pembangunan energi listrik bervariasi dari ukuran kecil berukuran beberapa puluh watt dan berukuran sedang, yaitu hingga mega watt. Akan tetapi, perkembangan selanjutnya sejak awal abad ke-21 ini telah dilakukan berbagai upaya melalui penelitian-penelitian yang komprehensif tentang bagaimana mengintegrasikan pembangkit pembangkit listrik energi terbarukan dengan jaringan listrik yang sudah ada (*interconnection system*). (Syahputra, 2017).

A. Gardu Induk (GI)

Gardu induk (GI) adalah merupakan bagian dari sistem ketenagalistrikan yang berperan untuk menyalurkan energi listrik, baik mentransformasikan ke tegangan yang lebih rendah ataupun ke tegangan yang lebih tinggi, juga menyalurkan daya pada tegangan yang tetap.



Gambar 1. Gardu Induk

B. Impedansi

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

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

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

Dimana :

- Z = Impedansi (ohm)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

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

Impedansi saluran transmisi dalam satuan per unit adalah :

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

Dimana :

- Z = Impedansi penyulang (pu)
- Z base = impedansi dasar (ohm)
- Z saluran = impedansi saluran (ohm)

Impedansi merupakan parameter pokok yang digunakan dalam perhitungan. Untuk menghitung impedansi (Z) saluran transmisi, terlebih dulu kita mengitung resistansi saluran (R) dan reaktansi saluran (X), dimana nilai dari reaktansi bisa didapat dari 2 parameter yaitu nilai kapasitansi dan induktansi. Oleh sebab itu, impedansi dapat dijabarkan di persamaan berikut ini :

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

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

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

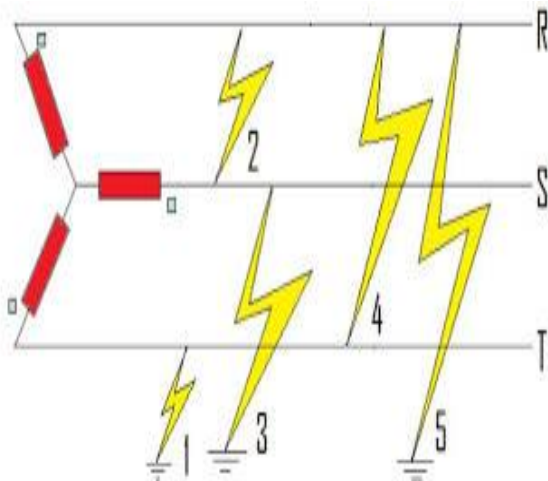
Dimana

- Z = Impedansi (Ohm)
- R = Resistansi (Ohm)
- Xl = Reaktansi Induktif (Ohm)
- Xc = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

C. Sistem Proteksi

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

Jika gangguan terjadi pada sebuah elemen sistem tenaga, sebuah peralatan otomatis diperlukan untuk mengisolasi bagian yang terganggu secepat mungkin dalam orde detik, sehingga bagian yang tidak terkena gangguan dapat beroperasi normal. Jika gangguan hubung singkat dibiarkan lama hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian penting dari sistem tenaga. Arus hubung singkat yang disertai busur api dapat menyebabkan kebakaran dan meluas ke peralatan lain, tegangan sistem dapat turun pada level yang rendah. Untuk generator-generator yang berada dalam satu grup di suatu pembangkit dengan pembangkit lainnya dapat kehilangan sinkronisasi. Selanjutnya jika gangguan-gangguan itu tidak diamankan segera dapat menyebabkan pemadaman total. Sistem proteksi yang terdiri dari pemutus tenaga (PMT) beserta relai proteksi berfungsi mengisolasi bagian yang terganggu dan relai proteksi mendeteksi dan mengalokasikan gangguan serta memberikan perintah (sinyal) ke PMT untuk memutuskan.



Gambar 2. Jenis – Jenis terjadinya gangguan

D. Klasifikasi Gangguan

Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dibedakan :

1. Berdasarkan jenis gangguan
 - Gangguan simetris
Gangguan simetris adalah gangguan hubung singkat 3 fasa

dan hubungan singkat 3 fasa ke tanah.

- Gangguan tidak simetris
Gangguan tidak simetris yang terdiri dari gangguan fasa dan gangguan fasa ke tanah. Gangguan-gangguan jenis ini dapat terjadi secara simultan.
2. Berdasarkan lama waktu gangguan
 - Gangguan Temporer
Gangguan temporer yaitu apabila gangguan terjadi dalam waktu singkat saja setelah sistem kembali pada keadaan normal misalnya gangguan sambaran kilat, sentuhan ranting pohon mengenai jaringan.
 - Gangguan Permanen
Gangguan permanen baru dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah bagian yang terganggu itu di isolir dengan bekerjanya PMT.

E. Pengaruh Gangguan

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

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

F. Penjelasan umum *Fault Locator*

Fault Locator merupakan peralatan perekam/pengolah analog input Arus dan Tegangan, dan melakukan proses recording yang kemudian hasilnya adalah menentukan jarak lokasi gangguan pada saluran transmisi.



Gambar 3. Fault Locator

Keandalan penyaluran tenaga listrik merupakan hal yang sangat vital dalam dunia kelistrikan. Kontinuitas penyaluran energi listrik tersebut merupakan tolak ukur masyarakat bagi kinerja PLN itu sendiri. Namun dalam sistem tenaga listrik tidak luput dari terjadinya Gangguan/*Fault*. Gangguan pada sistem tenaga listrik terbagi menjadi dua yaitu gangguan sistem dan juga gangguan non sistem.

Untuk mengevaluasi jenis gangguan yang terjadi dibutuhkan peralatan bantu yang memonitor peralatan sistem tenaga listrik secara real time dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. Layaknya seperti “*Black box*” dalam sebuah pesawat terbang. Alat ini membantu dengan memberikan data data yang berhasil direkam pada waktu sebelum, selama dan sesudah peralatan yang dimonitor mengalami gangguan/anomali. Data hasil rekaman tersebut menjadi sangat penting karena dapat digunakan untuk menganalisa penyebab dan akibat gangguan/anomali yang terjadi dan bahkan dapat menentukan langkah langkah antisipasi agar gangguan/ anomali yang sifatnya merusak peralatan atau mengganggu operasional dan pelayanan tidak terjadi lagi.

G. Sistem pencarian letak titik gangguan

Langkah – langkah yang harus dilakukan pada pencarian letak titik gangguan adalah sebagai berikut :

1. Mula mula setiap terminal (teras) kabel diukur terhadap gangguan tanah. Satu ujung megger ditanahkan dan setiap penghantar secara bergiliran dihubungkan dengan ujung yang lain megger. Jika megger menunjukkan tahanan nol selama pengukuran, maka penghantar ke tanah yang salah atau rusak ditetapkan/ditentukan.
2. Memeriksa tahanan isolasi diantara penghantar. Dalam hal ini bila ada gangguan, maka megger akan menunjukkan $R = 0$.

3. Melakukan pengukuran dengan cara membalik kutub megger. Bila ada perbedaan hasil pengukuran, berarti isolasi kabel terdapat kelembapan. Kelembapan di dalam kabel akan membentuk tegangan saluran antara sarung timbal dan penghantar yang disebabkan oleh beda konduktifitas dari logam. Dari komponen peresap akan membentuk asam organik bila dimasuki air.
4. Metode ujung bagian akhir dapat menjadi pilihan yang tepat, tapi membutuhkan data dari dua terminal. Data harus diambil dari kedua ujung sebelum algoritma dapat dipakai.

H. *Distance relay*

Pada proteksi saluran udara tegangan tinggi, rele jarak digunakan sebagai pengamanan utama sekaligus sebagai pengamanan cadangan untuk saluran transmisi yang berdekatan. Hal ini didasarkan bahwa impedansi saluran transmisi berbanding lurus dengan jaraknya sehingga memungkinkan dilakukan pengukuran impedansi berdasarkan panjang salurannya.

Prinsip dasar dari rele jarak atau *distance relay* adalah berdasarkan rasio perbandingan tegangan dan arus gangguan yang terukur pada lokasi relay terpasang (*apparent impedance*), untuk menentukan apakah gangguan yang terjadi berada di dalam atau diluar zona yang diproteksinya. Rele jarak hanya bekerja untuk gangguan yang terjadi antara relay dan batas jangkauan (*reach setting*) yang telah ditentukan. Rele jarak juga dapat bekerja untuk mendeteksi gangguan antar fasa (*phase fault*) maupun gangguan ke tanah (*ground fault*).



Gambar 4. *Distance Relay*

Perhitungan impedansi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

Z_f = impedansi gangguan (ohm)
 V_f = Arus gangguan (A)
 I_f = Tegangan (V)

Rele jarak umumnya telah dilengkapi elemen directional untuk menentukan arah atau letak gangguan sehingga membuat rele menjadi lebih selektif. Pada prinsip nya, *distance relay* adalah mengukur nilai arus dan nilai tegangan pada satu titik tertentu sehingga diperoleh nilai impedansinya.

I. Metode dasar impedansi penentu lokasi gangguan dan syaratnya

Impedansi sebagai metode yang mendasar membutuhkan persyaratan, sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan ujung bagian akhir dari lokasi gangguan yang memakai metode impedansi merupakan fitur standard dalam kebanyakan relay. Ujung bagian awal ke ujung bagian akhir dari metode impedansi menggunakan algoritma yang sederhana.
2. Metode ujung bagian akhir dapat menjadi pilihan yang tepat, tapi membutuhkan data dari kedua terminal.
3. Metode impedansi yang paling populer dalam penentuan lokasi gangguan ialah *metode simple reactance, metode fault locator dan metode squance.*

Dasar untuk menghitung penentuan lokasi gangguan dari impedansi dapat dilakukan pada semua jenis lokasi gangguan fasa ketanah dan arus fasa pada fasa lain jalur ke jalur, jika rangkaian impedansi Z_0 diketahui, maka dapat diperkirakan lokasi gangguan pada gangguan fasa je tanah. Jika resistansi gangguan dianggap nol, maka lokasi gangguan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus pada tabel berikut :

Tabel 1. Persamaan impedansi sederhana

Fault type	Positive-Sequence Impedance Equation ($mZ_{1L} =$)
a – netral	$V_a / (I_a + k \cdot 3 \cdot I_0)$
b – netral	$V_b / (I_b + k \cdot 3 \cdot I_0)$
c – netral	$V_c / (I_c + k \cdot 3 \cdot I_0)$
a- b or a – b – n	V_{ab} / I_{ab}
b – c or b – c – n	V_{bc} / I_{bc}
c – a or c – a – n	V_{ca} / I_{ca}
a – b – c	Any of the following : $V_{ab} I_{ab}, V_{bc} / I_{bc},$

	V_{ca} / I_{ca}
--	-------------------

Dimana :

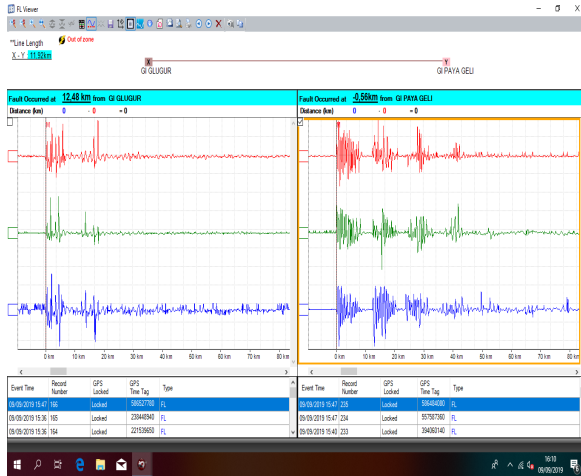
k = adalah $(Z_{0L} - Z_{1L}) / 3Z_{1L}$
 Z_{0L} = adalah rangkaian saluran impedansi urutan nol
 Z_{1L} = adalah rangkaian saluran impedansi urutan +
 M = adalah jarak perunit untuk gangguan
 I_0 = adalah rangkaian arus urutan nol

Berikut ini merupakan kondisi yang dapat menyebabkan error pada metode dasar penentu lokasi gangguan, ialah :

1. Efek gabungan dari gangguan resistansi dan beban,
2. Rangkaian nol saling berpasangan,
3. Pemodelan rangkaian nol error,
4. Sistem non homogen,
5. Sistem pada *infeeds*,
 - Remote atau terminal ketiga pada infeed,
 - Beban tapped dengan sumber rangkaian,
6. relay yang tidak dapat untuk diukur, instrument trafo, atau jalur pada parameter.



Gambar 5. Commisioning TWS FL8 Glugur- Paya Geli 1



Gambar 6. Commissioning TWS FL8 Glugur- Paya Geli 2

J. Menentukan Letak Gangguan

Titik gangguan (*fault locator*) digunakan disaluran transmisi sebagai pengaman utama (*main protection*). Prinsip kerja relai jarak mengukur tegangan pada titik relai dan arus gangguan yang terlihat dari titik relai, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Dengan nilai impedansi yang dibaca oleh relai, gangguan pada sistem transmisi diamankan oleh jarak tergantung letak dan seberapa jauh gangguan dari relai jarak terpasang, maka letak gangguan pada sistem transmisi dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca relai} \times \frac{CT}{PT} \times XL}{ZL}$$

... (2.8)

Dimana :

- CT = Rasio CT
- PT = Rasio PT
- L = Panjang saluran (km)
- ZL = Impedansi Saluran (Ohm)

K. Menentukan Persentase Error

Persamaan persentase error jarak lokasi titik gangguan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\%error = \frac{\text{jarak}_{\text{aktual}} - \text{jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{jarak}_{\text{total}}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$\text{jarak}_{\text{aktual}}$ = jarak actual lokasi gangguan dalam simulasi (Km)

$\text{jarak}_{\text{prediksi}}$ = jarak prediksi lokasi gangguan (Km)

$\text{jarak}_{\text{total}}$ = jarak total saluran (Km)

III. Metode

3.1. Tempat Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 KV Glugur Jalan K.L Yos Sudarso Lor. 12 Medan.

3.2 Jadwal Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai dari tanggal 20 Februari sampai dengan 28 Februari.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 20 Februari sampai dengan 28 Februari 2021 bertempat di GI glugur. Objek penelitian ini adalah hal – hal yang berkaitan dengan masalah relai jarak *fault locator* pada saluran transmisi saluran GI Glugur – GI Paya Geli. Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer yaitu pengambilan data yang diambil sesuai dengan kondisi di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari studi literatur baik berupa buku, jurnal – jurnal, rekap pembukuan GI Glugur, melakukan konsultasi dan diskusi dengan pembimbing akademik, pegawai PT PLN (PERSERO) bagian HAR (pemeliharaan proteksi), dan HAR transmisi yang bersangkutan sehingga data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data kualitatif dan kuantitatif. Untuk menyelesaikan tugas akhir maka dilakukan beberapa metode :

1. Study Literatur
Dilakukan dengan membaca dari berbagai sumber yang mendukung dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Pengumpulan data

- Melakukan pengambilan data pada sistem transmisi saluran GI Glugur – GI Paya Geli.
- Analisa Data
Menghitung dan memahami data yang diperoleh sehingga dapat meyakinkan sistem berjalan dengan baik.
 - Kesimpulan
Membuat kesimpulan berupa hasil *setting* yang dibutuhkan pada sistem transmisi.

3.4 Teknik Analisa Data

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

- Melakukan pengumpulan data
Data pendukung untuk penulisan tugas akhir ini didapatkan di PT PLN (PERSERO) GI Glugur. Data yang diambil merupakan data sekunder yang sudah ada di arsip PT PLN (PERSERO) GI Glugur. Data yang diambil, yaitu :
 - Rasio CT dan Rasio PT.
 - Data spesifikasi kabel saluran.
 - Jarak saluran.
 - Impedansi Gangguan
 - Impedansi Saluran
 - Spesifikasi *Fault locator*
- Pengolahan data
Data yang sudah didapat akan diolah untuk mendapatkan hasil pengaturan relai jarak agar relai dapat bekerja sesuai dengan waktu dan ketentuannya. Dalam pengolahan data yang akan mencari titik gangguan secara perhitungan manual..
- Analisa Hasil Perhitungan
Hasil dari pengolahan data akan di analisa untuk mendapatkan jarak yang tepat. Dalam hasil perhitungan akan dibandingkan dengan kondisi yang terdapat dilapangan.
- Pembuatan laporan
Hasil dari keseluruhan akan dituliskan pada tugas akhir.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisa Data Perhitungan

Hasil dari penelitian sistem transmisi ini berupa nilai analisa perhitungan secara teori dengan perbandingan terhadap pembacaan *fault locator* yang prinsip kerjanya dengan penerapan TWS (*Travel Wave Signal*).

Gambar 7. Data Teknis Peralatan GI Glugur – GI Paya Geli

4.2 Perhitungan Impedansi

Berdasarkan nilai impedansi gangguan yang terbaca oleh *Fault locator*, apabila terjadi gangguan disepanjang saluran maka letak gangguan itu bisa diketahui menggunakan jaraknya menggunakan *Fault Locator* :

- GI Glugur – GI Paya Geli 1
 - Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 1

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,25308$$

$$= 3,01 \text{ Ohm}$$
 - Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 2

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,10308$$

$$= 1,22 \text{ Ohm}$$
- GI Glugur – GI Paya Geli 2
 - Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 1

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

$$= 11,92 \text{ Km} \times 0,25308$$

$$= 3,01 \text{ Ohm}$$
 - Impedansi saluran Glugur – Paya Geli 2

$$\begin{aligned}
 ZL &= \text{Panjang saluran} \times Z \\
 &= 11,92 \text{ Km} \times 0,10308 \\
 &= 1,22 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Zona

Perhitungan nilai impedansi masing-masing zona sebagai berikut :

1. GI Glugur – GI Paya Geli 1
Zona 1

$$\begin{aligned}
 Z1 &= 0,8 \times ZL1 \\
 &= 0,8 \times 3,01 \text{ Ohm} \\
 &= 2,408 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 11,92 = 9,5$ Km. Zona 1 menggunakan waktu kerja yang instan karena sebagai pengamanan utama $t = 0$ s.

2. GI Glugur – GI Paya Geli 1
Zona 2

$$\begin{aligned}
 Z1 &= 0,8 \times ZL2 \\
 &= 0,8 \times 1,22 \text{ Ohm} \\
 &= 0,976 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

Dengan jangkauan perlindungan zona 1 adalah $0,8 \times 2,42 = 1,93$ Km. Zona 2 menggunakan waktu kerja lebih lama dari pada zona 1 yaitu $t = 0,4$ s.

4.4 Impedansi Yang Dilihat Oleh Relai

Nilai impedansi yang dilihat relay sebagai berikut :

1. GI Glugur – GI Paya Geli 1 dan 2

$$n = \frac{CT}{PT} = \frac{1000/1}{150000/100} = 0,66$$
Maka,
Nilai impedansi yang dibaca :

$$\begin{aligned}
 Z1 &= n \times Z1 \\
 &= 0,66 \times 2,408 \\
 &= 1,389 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

4.5 Menentukan Jarak Gangguan

1. GI Glugur – GI Paya Geli
- Glugur – Paya Geli

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang dibaca} \times \text{K} \times \text{L}}{ZL}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,3 \Omega \times \frac{1000/1}{150000/100} \times 11,92}{3,01} \\
 &= 3,31 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

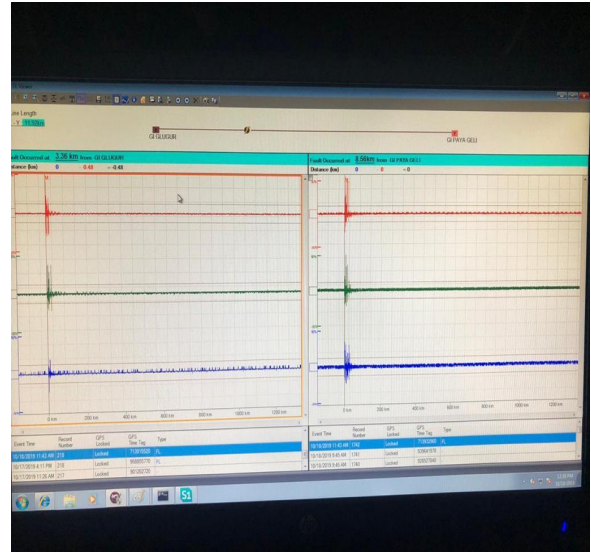
2. Error peralatan

$$\%error = \frac{\text{jarak}_{\text{aktual}} - \text{jarak}_{\text{prediksi}}}{\text{jarak}_{\text{total}}}$$

$$\%error = \frac{3,38 - 3,31}{11,92} = 0,005 \%$$

Kinerja Fault Locator yang baik pada saluran transmisi 150 KV tergantung perbedaan

impedansi kawat saluran. Untuk mendapatkan kinerja yang baik juga harus tepat dalam melakukan perhitungan guna mengetahui gangguan pada titik saat terjadinya gangguan.



Gambar 8. Gelombang gangguan yang terjadi

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwasannya gelombang TWS menunjukkan adanya gangguan di titik 3,38 Km dari GI Glugur.

Friday 18 October 2019 11:31:02.095		Event Recorded
Description		MICOM
Plant reference		MICOM
Model number		F44231AB7M05S01
Address		001 Column: 01 Row: 00
Event type		Fault Record
Category		0
Event Value		0
Active Group		1
Failed Phase		01111011
0 Start A		CN
1 Start B		CN
2 Start C		OFF
3 Start N		CN
4 Trip A		CN
5 Trip B		CN
6 Trip C		CN
0 Start Elements		00000000000000000000000000000000
1 Tripped Elto		00000000000000000000000000000000
Time Stamp		Friday 18 October 2019 11:31:02.095
Fault Alarm		00000000000000000000000000000000
System Frequency		50.14 Hz
Fault Duration		61.45ms
Relay Trip Time		79.77ms
Fault Location		3.283km
IA		3.728kA
IB		4.100kA
IC		300.4 A
VAN		42.36kV
VBN		38.73kV
VCN		80.50kV
Fault Resistance		587.6mOhm
Fault in Zone		Zone 1
0 Start Elements_2		00000000000000000000000000000000
1 Tripped Elto_2		00000000000000000000000000000000

Gambar 9. Data Gangguan yang terjadi

Dan setelah dilakukan analisa perhitungan secara dan spesifikasi data gangguan yang telah didownload menunjukkan jika perhitungan titik gangguan yang ditampilkan fault locator adalah benar. Dapat dikatakan fault locator pada gardu induk glugur menunjukkan hasil yang baik.

V. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

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

1. Gangguan fault locator (TWS) dirasakan ketika gelombang yang dikirimkan dari GI A ke GI B diterima kembali ke GI A demikian

- juga dengan GI B yang mengirimkan gelombang ke GI A yang diterima kembali ke GI B.
- Analisa perhitungan pada penentuan titik gangguan secara teori mendapatkan hasil yang menunjukkan titik gangguan berada pada 3,01 Km dari GI glugur dan fault locator menunjukkan titik gangguan pada berada pada 3,38 Km dari Gi glugur. Sehingga dapat dikatakan akurasi *fault locator* cukup baik.
 - Berdasarkan hasil secara anilisa perhitungan dan tampilan *fault locator* menunjukkan bahwa selisih *error* dari perhitungan terhadap peralatan adalah $> 5\%$.

5.2 Saran

Dari penelitian tugas akhir diatas, saran dari penulis sebagai berikut :

- Menjaga peralatan saluran transmisi dari gangguan yang dapat terjadi (pohon, petir, dll) secara baik dan benar.
- Melakukan pengujian dalam pemeliharaan secara rutin agar dapat mengetahui kondisi kesiapan peralatan proteksi seperti *fault locator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ghasem Derakshan, Karim ROSHAN MILANI Amir ETEMAD Heidarali SHAYANFAR and Usef Sarafranz, 2013, "Management and Operation of Electricity Distribution networks on Geographic Information system", Stockholm, CIRED. 2013
- Christophe Prévé, "Protection of Electrical Networks", Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, pp 77-111, 2006
- Saha, M.M., Izykowski J., Rosolowski E., "Fault Location on Power Network", Sringre, Sweden, 2010
- H.Mokhlis, L.J.Awalin et al, "Three Phase Fault Algorithm in Distribution System by Using Database Approach and Impedance Based Method" IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Kota Kinabalu Sabah, Malaysia, 2012
- R. Das "Determining The Locations of Fault in Distribution Systems" Ph.D Thesis. College of Graduate Studies and Research, University of Savkochrwatr, Saskatchewan, 1998.
- Friska Luvia Narulita, "Prediksi Lokasi Gangguan jaring Distribusi Listrik Berbasis Peta Google Earth dan Single Line Diagram", Jurnal Teknik POMITS Vol.10, No.1, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2012.
- Joko Wigati Katresnan, "Penggunaan Substation Automation System untuk Managemen Gangguan dan Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Sistem Jaringan Distribusi 20kV Kota surabaya", Penelitian Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2014.
- Teng Jen-Hao, Systematic Short-circuit Analysis Method for Unbalanced Distribution Systems", IEE, Proc.-Gener. Transm. Distrib, Vol 152, No. 4, July 2005.
- Wahyu, P.(n.d). Analisa Perubahan Setting Rele Jarak Akibat Penggantian Penghantar SUTT 150KV Klaten-Peda.
- Ilmiah, P., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Analisis Penggunaan Rele Jarak Pada Sistem Transmisi Gardu Induk 150 kV Jajar Ke Gardu Induk 150 kV Banyudono.
- Elektro, J. T., Teknik, F., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2015). Pengaruh Arus Infeed terhadap Kinerja Rele Jarak (Studi Kasus pada Sistem Transmisi Sigli– Banda Aceh).
- Kusuma, A. P. (n.d.). Evaluasi Setting Rele Jarak Transmisi 150 KV Senggiring - Singkawang.
- Ilmiah, P., Ilmiah, P., Ariyanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2017). Studi Analisa Rele Jarak Pada Jaringan Transmisi 150 KV Gardu Induk Pedan – Gardu Induk Jajar.
- Hidayat, A. W., Gusmedi, H., Hakim, L., & Despa, D. (n.d.). Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung.
- Abdul, Khadir. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Fredy Wandana
Panggilan : Fredy
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 14- Januari-1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat Sekarang : Jl. Alfalah VI No.26 Medan
No Handphone/ Wa : 081919203886 (WA)
Email : wandanafredy@gmail.com



PENDIDIKAN FORMAL

<u>No.</u>	<u>Tingkat Pendidikan</u>	<u>Nama dan Tempat</u>	<u>Tahun Kelulusan</u>
<u>1.</u>	Sekolah Dasar	<u>SD Muhammadiyah 02</u>	<u>2010</u>
<u>2.</u>	Sekolah Menengah Pertama	<u>SMP Ywka</u>	<u>2013</u>
<u>3.</u>	Sekolah menengah Kejuruan	<u>SMKN 5 Medan</u>	<u>2016</u>
<u>4.</u>	Perguruan Tinggi /Strata 1	<u>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara</u>	<u>2021</u>