

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saluran transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan sampai dengan gardu induk. Pada sistem saluran transmisi digunakan tegangan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan fungsi utama saluran transmisi adalah menyalurkan daya dengan tingkat keefisienan yang tinggi dengan meminimalkan rugi-rugi daya. Karena pentingnya saluran transmisi sebagai media penyaluran maka tanpa adanya saluran transmisi maka tenaga listrik tidak dapat disalurkan.

Sistem transmisi memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya, oleh karena itu pengamanan pada saluran transmisi perlu mendapat perhatian yang serius dalam perencanaannya, dikarenakan banyaknya faktor yang dapat mengganggu saluran transmisi. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan, baik faktor internal maupun eksternal seperti kesalahan pada sistem, sambaran petir, badai, gangguan hubung singkat tiga fasa, gangguan hubung singkat dua fasa, dan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 KV relay jarak, dapat mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terkena gangguan dari bagian lain yang masih dapat beroperasi. Relay jarak juga dapat mendeteksi sejauh mana letak lokasi gangguan pada saluran transmisi, dan mengamankan gangguan agar tidak mengenai peralatan saluran transmisi yang sedang beroperasi.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang dibahas pada skripsi ini antara lain:

- 1 Bagaimana perhitungan setting relay jarak untuk mengamankan gangguan pada transmisi?
2. Bagaimana perhitungan relay jarak dalam menentukan letak lokasi gangguan pada saluran transmisi?
3. Bagaimana relay jarak mampu bekerja pada saat terjadi gangguan?

1.3 Batasan Masalah

Terkait pada pembahasan latar belakang diatas, maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas, antara lain :

1. Permasalahan yang akan dikaji khusus membahas keandalan relay jarak (distance relay)
2. Perhitungan yang akan dibahas berupa nilai nilai yang berhubungan dengan keandalan relay jarak seperti perhitungan impedansi, gangguan pada jaringan transmisi, arus dan tegangan gangguan, serta menentukan letak gangguan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perhitungan impedansi per zona yang termasuk dalam zona distance relay.
2. Membandingkan nilai penyetelan yang telah ditetapkan oleh PT.PLN (Persero) dengan hasil perhitungan teori .

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, adapun sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan : Pada bab pertama ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah , batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat dan kegunaan, sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka : Dimana pada bagian ini membahas tentang landasan teori , yaitu dasar teori yang digunakan sebagai dasar pembahasan materi. Pembahasan tentang sistem proteksi, saluran transmisi, dasar teori, dan karakteristik serta cara kerja relay jarak.

Bab III Metode Penelitian : Pada bab ketiga ini terdiri atas rincian dan kronologis serta pendekatan –pendekatan metodologis yang digunakan didalam penelitian yang akan dilakukan selama pengerjaan skripsi. Adapun bagian-bagian yang terkandung dalam bab ini adalah waktu dan lokasi penelitian, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data, desain penelitian dan analisis data.

Bab IV Pembahasan dan Analisis : Data –data yang dibutuhkan dalam proses pengerjaan skripsi. Pada bab empat ini, juga berisi analisa perhitungan setting relay jarak dalam menentukan letak lokasi gangguan pada saluran transmisi.

Bab V Simpulan dan Saran : Sesuai dengan dengan judul babnya, pada bab lima ini berisikan simpulan dari hasil yang telah dicapai untuk menjawab tujuan dari skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka berisi pengungkapan pemikiran atau teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Teori yang dipaparkan dalam tinjauan pustaka menerangkan beberapa konsep yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian.

Tinjauan pustaka dilakukan guna menguatkan suatu penelitian penulis bahwa penelitian yang dilakukan penulis pernah dilakukan sebelumnya namun dengan perbedaan lokasi pengambilan data, lokasi penelitian, dan yang lainnya.

Salah satu penelitian yang menguatkan penelitian penulis adalah penelitian yang dilakukan Madric Orlando Siahaan dengan judul “Studi Perhitungan Setting Relay Jarak Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Garduk Induk Tanjung Morawa”. Pada penelitian tersebut membahas tentang *distance relay* beserta dengan perhitungan impedansi zona menggunakan karakteristik mho. Perhitungan yang penulis lakukan dilakukan secara manual dengan data yang lengkap.

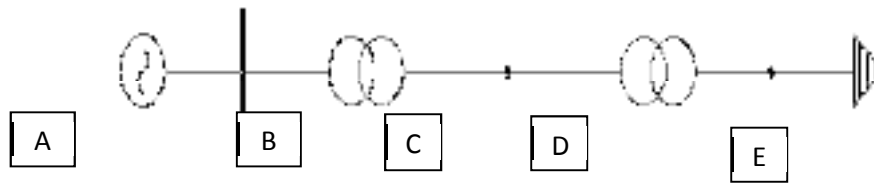
Hasil penelitian penulis tersebut dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi pembaca karena pembahasan serta data yang dihasilkan sesuai dengan data acuan yang diperoleh dari pihak terkait, dalam pembahasan tersebut yaitu pihak PLN.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama: pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat pembangkit listrik dan sistem distribusi dan melalui hubungan antar- sistem dengan sistem lain.

Sistem tenaga listrik juga merupakan kumpulan pembangkit dan beban yang saling terinterkoneksi atau saling terhubung untuk menyuplai daya ke berbagai lokasi beban. Penghubung dari sistem tenaga listrik yang saling terinterkoneksi bisa berupa saluran udara tegangan tinggi, menengah, dan rendah yang sangat rentan terhadap berbagai gangguan.

Gangguan pada saluran ini biasanya terjadi di transmisi. Karena terhubungnya satu saluran ketanah atau ke menara. Ada juga yang jarang terjadi, yakni gangguan yang melibatkan sekaligus 3 saluran yang disebut gangguan 3 fasa. Gangguan jenis lain pada saluran transmisi adalah gangguan antar satu saluran dengan saluran lain tanpa melibatkan tanah, dan gangguan dua saluran dengan tanah. Kecuali gangguan 3 fasa, semua gangguan tadi bersifat tidak simetris dan menyebabkan ketidakseimbangan diantara fasa-fasa. Secara blok diagram sistem tenaga listrik dapat digambarkan seperti bagan berikut ini.



Gambar 2.1 Blok diagram sistem tenaga listrik

A= Generator C= Transmisi TT E= Beban / Konsumen

B= Trafo Step Up D= Trafo Step Down

2.3 Definisi Sistem Interkoneksi Dan Sistem Terisolir

2.3.1 Sistem Interkoneksi

Pusat listrik yang besar, di atas 100 MW, umumnya beroperasi dalam sistem interkoneksi. Pada sistem interkoneksi terdapat banyak pusat listrik dan banyak pusat beban (gardu induk, disingkat GI) yang dihubungkan satu sama lain oleh saluran transmisi. Di setiap GI terdapat beban berupa jaringan distribusi yang melayani para konsumen tenaga listrik. Jaringan distribusi beserta konsumen merupakan suatu subsistem distribusi. Subsistem dari setiap GI umumnya tidak mempunyai hubungan listrik sama lain.

Sebagian dari sistem interkoneksi yang terdiri dari sebuah pusat listrik, dua buah GI beserta subsistem distribusinya. Karena operasi pusat-pusat listrik dalam sistem interkoneksi saling mempengaruhi satu sama lain, maka perlu ada koordinasi operasi. Koordinasi operasi dilakukan oleh pusat pengatur beban. Koordinasi terutama meliputi:

- a. Koordinasi pemeliharaan
- b. Pembagian beban yang ekonomis
- c. Pengaturan frekuensi
- d. Pengaturan tegangan
- e. Prosedur mengatasi gangguan

2.3.2 Sistem Terisolir

Sistem yang terisolir adalah sistem yang hanya mempunyai sebuah pusat listrik saja dan tidak ada interkoneksi antar pusat listrik serta tidak ada hubungan dengan jaringan umum (interkoneksi milik PLN). Sistem terisolir misalnya terdapat di industry pengolahan kayu yang berada di tengah hutan atau pengeboran minyak lepas pantai yang berada ditengah laut.

Pada sistem yang terisolir, pembagian beban hanya dilakukan diantar unit-unit pembangkit di dalam suatu pusat listrik sehingga tidak ada masalah penyaluran daya antara pusat listrik sehingga tidak ada masalah penyaluran daya antara pusat listrik seperti halnya pada sistem interkoneksi.

2.4 Sistem Transmisi

Saluran transmisi adalah suatu sistem penyaluran energy listrik berskala besar dari pembangkit ke pusat-pusat beban. Pemakaian saluran transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit kepusat beban dengan jarak penyaluran yang cukup jauh antara pusat pembangkit dari pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi transmisi akibat jatuh tegangan.

2.4.1 Konstruksi Saluran Sistem Transmisi

Sistem transmisi terbagi menjadi 3 bagian antara lain sebagai berikut:

1. Saluran Udara

Saluran transmisi yang menyalurkan energy listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tower.



Gambar 2.2 Tiang Transmisi Tenaga Listrik

2 . Saluran kabel bawah tanah

Saluran transmisi yang menyalurkan energy listrik melalui kabel yang dipendam di dalam tanah.



Gambar 2.3 Saluran Transmisi Bawah Tanah

3. Saluran bawah laut

Saluran transmisi yang dibangun didalam laut



Gambar 2.4 Saluran Transmisi Bawah Laut

2.4.2 Peralatan Saluran Transmisi Udara

Dalam konstruksi saluran transmisi udara peralatan-peralatan yang digunakan adalah bermacam-macam, dan tiap peralatan tersebut mempunyai fungsi yang berlainan yang

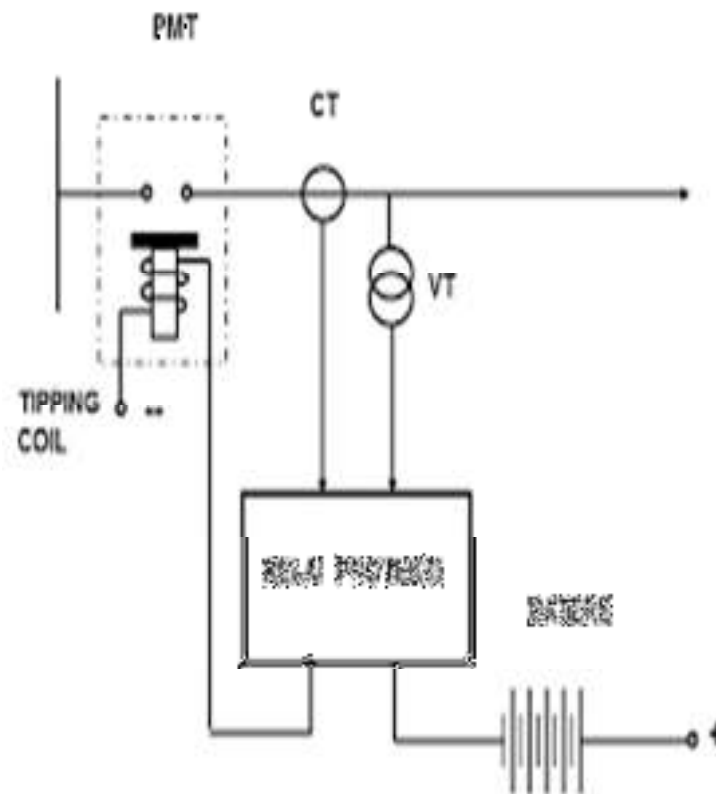
menunjang terlaksananya fungsi dari saluran transmisi, sehingga saluran tersebut dapat bekerja dengan baik.

Peralatan-peralatan yang penting pada saluran transmisi udara antara lain:

1. Kawat penghantar (konduktor)
2. Isolator
3. Menara transmisi
4. Peralatan pembantu kawat penghantar

2.4.3. Sistem Proteksi

Proteksi tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dilakukan pada peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada suatu sistem tenaga misalnya generator, transformator jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi tidak normal operasi sistem itu sendiri. Proteksi transmisi tenaga listrik diterapkan pada transmisi tenaga listrik agar jika terjadi gangguan peralatan yang berhubungan dengan transmisi tenaga listrik tidak mengalami kerusakan.



Gambar 2.5 Diagram Prinsip Kerja Sistem Proteksi

- Relay pengaman sebagai elemen perasa/pengukur untuk mendeteksi gangguan.
- Pemutus Tenaga sebagai pemutus arus dalam sirkuit tenaga untuk melepas bagian sistem yang terganggu.
- Trafo arus dan trafo tegangan mengubah besarnya arus dan tegangan dari sirkuit primer ke sirkuit primer (relay).
- Baterai sebagai sumber tenaga untuk mentriapkan pmt dan catu daya untuk relay statik dan relay bantu.
- Wiring untuk menghubungkan komponen komponen proteksi sehingga menjadi satu sistem.

2.4.4 Tujuan Sistem Proteksi

Adapun tujuan utama sistem proteksi antara lain sebagai berikut:

1. Mencegah kerusakan peralatan yang terganggu maupun peralatan yang dilalui arus gangguan
2. Mengisolir bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin dan secepat mungkin
3. Mencegah meluasnya gangguan
4. Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik

2.4.5 Persyaratan Kualitas Proteksi

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh sistem proteksi yaitu:

1. Sensitif
Mampu merasakan gangguan sekecil apapun
2. Andal
Akan bekerja bila diperlukan dan tidak akan bekerja bila tidak diperlukan
3. Selektif
Mampu memisahkan daerah/jaringan yang terganggu saja
4. Cepat
Mampu bekerja secepat –cepatnya.

Kondisi tidak normal dapat berupa antara lain:

1. Hubung singkat
2. Tegangan lebih
3. Beban lebih

- 4 Frekuensi sistem rendah
- 5 Asinkron

2.4.6 Perangkat Sistem Proteksi

Adapun perangkat sistem proteksi antara lain:

1. Trafo arus dan Trafo Tegangan (CT dan PT)
2. Relay
3. Pemutus Tenaga (PMT)
4. Suplai Daya (Baterai)
5. Wiring

2.5 Distance Relay

Distance relay adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan nilai impedansi setelah dari besaran arus dari CT dan tegangan dari PT/CVT. Selain sebagai proteksi utama penghantar relay ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya. Relay jarak hanya bekerja untuk gangguan yang terjadi antara lokasi relai dan batas jangkauan yang telah ditentukan. Relay jarak juga dapat bekerja untuk mendeteksi antar fasa (phase fault) maupun gangguan ke tanah (ground fault).

2.5.1 Prinsip Kerja Distance Relay

Relai jarak mengukur tegangan pada titik relai dan arus gangguan yang terlihat dari relai, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan.

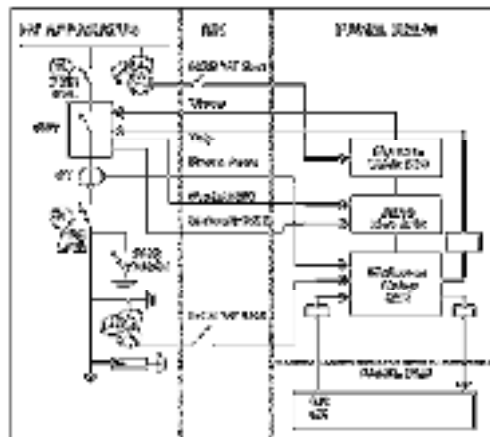
Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = V_f / I_f \dots\dots\dots (3.1)$$

Distance Relay akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan *setting* impedansi pada *distance relay*, dengan ketentuan:

1. Jika harga impedansi gangguan lebih kecil daripada *setting* impedansi relai jarak, maka relai jarak akan bekerja.

2. Jika harga impedansi gangguan lebih besar atau sama dengan *setting* impedansi relai jarak, maka relai jarak tidak akan bekerja.



Gambar 2.6 Blok diagram relai jarak

2.5.2 Peranan Relai Proteksi

Peranan relai proteksi antara lain :

1. Memutuskan hubungan sistem (*tripping*) pada jaringan transmisi yang terganggu dengan cepat, guna menjaga stabilitas, kontinuitas, dan pelayanan kerja dari sistem.
2. Memberikan sinyal untuk melepaskan kontak pemutus tenaga (*circuit breaker*) dengan tujuan mengisolir gangguan atau kondisi yang tidak normal yakni hubung singkat.
3. Melokalisir daerah yang terganggu untuk mencegah meluasnya pengaruh dan akibat yang timbul bagi peralatan lainnya.
4. Mengurangi kerugian produksi.
5. Menempatkan dan memisahkan peralatan dari gangguan.
6. Mengetahui jenis dari gangguan.
7. Melindungi keseluruhan dari sistem.
8. Mengurangi kerusakan dan memperbaiki harga.
9. Mengurangi waktu produksi.

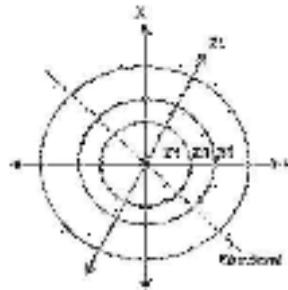
10. Mencegah panas dan medan magnetik yang berlebihan pada peralatan dari akibat kegagalan yang terjadi.
11. Melindungi dari jatuh tegangan untuk mempertahankan kestabilan.
12. Untuk melindungi keselamatan dari pegawai yang bekerja.

2.5.3 Karakteristik Distance Relay

Karakteristik kerjanya relai jarak dibagi menjadi :

1. Relai jarak jenis impedansi

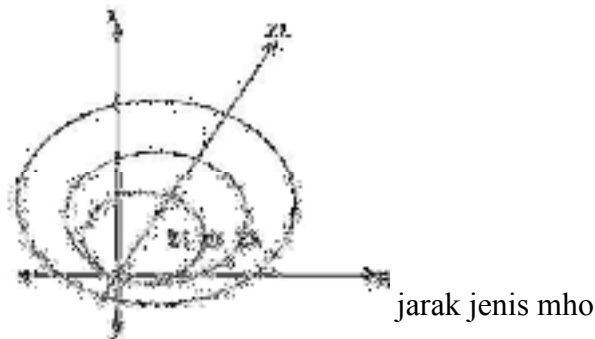
Merupakan lingkaran dengan titik pusatnya ditengah-tengah, sehingga mempunyai sifat non directional. Mempunyai keterbatasan mengantisipasi gangguan tanah *high resistance*. Karakteristik ini sensitif terhadap perubahan beban.



Gambar 2.7. Karakteristik relai jarak jenis impedansi

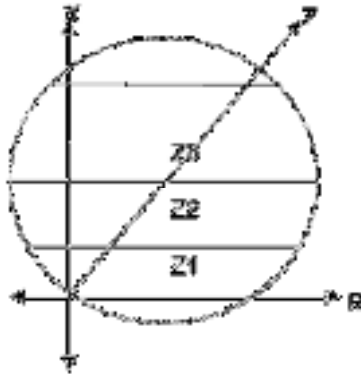
2. Relai jarak jenis mho

Karakteristik relai jarak jenis mho merupakan suatu lingkaran yang melalui titik pusat serta mempunyai keterbatasan untuk mengantisipasi gangguan tanah *high resistance*.



3. Relai jarak jenis reaktansi

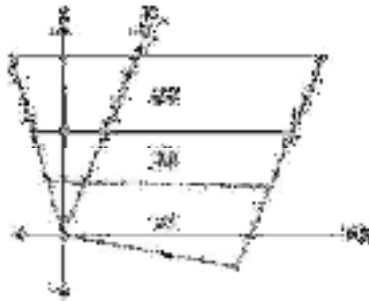
Karakteristik reaktansi yaitu mempunyai sifat *non directional*. Untuk aplikasi di Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) perlu ditambah *directional relay*. Dengan *setting* jangkauan resistif cukup besar maka relai reaktansi dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan reaktansi tinggi.



Gambar 2.9. Karakteristik relai jarak jenis reaktansi

4. Relai jarak jenis quadrilateral

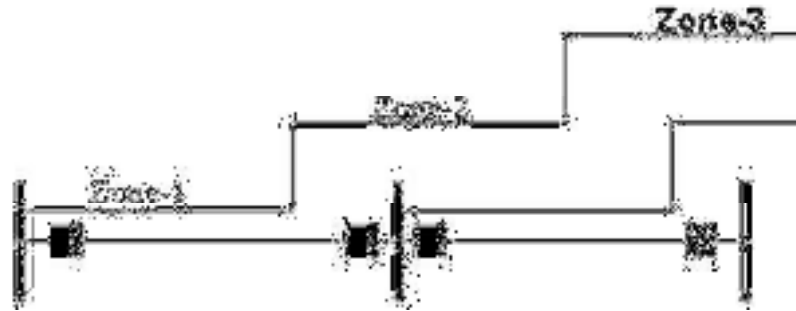
Karakteristik pada jenis quadrilateral ini merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu reaktansi, berarah, dan resistif. Dengan *setting* jangkauan resistif cukup besar, maka karakteristik relai quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi.



Gambar 2.10. Karakteristik relai jarak jenis quadrilateral

2.5.4 Penyetelan Distance Relay

penyetelan relai jarak artinya mengatur nilai Z *distance relay* sampai berapa jauh mampu melindungi bagian dari SUTT, dalam praktek biasa disebut dengan penyetelan zona proteksi dari *distance relay*. *Distance relay* pada umumnya mempunyai 3 elemen pengukur dan setiap elemen pengukur mempunyai zona proteksi sendiri, sehingga *distance relay* memiliki 3 zona proteksi. Hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 11. Seksi yang diamankan oleh relai jarak dan penyetelan setiap zona

Zona satu bertujuan melindungi seksi pertama dari SUTT, yaitu antara rel GI dimana *distance relay* berada sampai rel GI berikutnya terhadap relai. Begitu pula seterusnya, zona 2 untuk seksi ke 2 dan zone 3 untuk seksi ke 3. Umumnya untuk zone 1 dan zone 2 relai bersifat *directional* (menganal arah) sedangkan untuk zone 3 bersifat *non directional* (tidak berarah).

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

$$Z \text{ relay} = \left(\frac{PT}{CT} \right) \times Z \text{ zona}$$

1. Zona 1

Daerah proteksi (*zone*) I berfungsi sebagai proteksi utama untuk saluran yang dilindunginya dan tergolong sebagai *instantaneous relay* karena reaksinya yang cepat. Daerah proteksi *distance relay* ini sejauh 80%-90% dari panjang saluran gardu induk. Penyetelan perlambatan waktu untuk daerah proteksi ini (t_1) umumnya tanpa perlambatan waktu dengan maksud bahwa penyetelan waktu adalah nol. Untuk menghitung zona 1, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Zona 1} = 0,8 \times ZL1 \dots \dots \dots (3.2)$$

2. Zona 2

Daerah proteksi II berfungsi untuk melindungi 15%-20% bagian dengan jaringan yang tidak diproteksi oleh daerah proteksi I ditambah 50% dari saluran berikutnya dengan perlambatan waktu (t_2). Zona 2 berfungsi sebagai pengaman cadangan seksi berikutnya, zona 2 memiliki waktu tunda (waktu kerja) = 0,4 – 0,8 detik. Untuk menghitung zona 2, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Zon 2} = 0,8 \times (ZL1 + (0,8 \times ZL2)) \dots \dots \dots (3.3)$$

3. Zona 3

Daerah proteksi III mencakup 50% dari saluran yang tidak terjangkau oleh daerah proteksi II, dengan waktu operasi yang lebih lambat (t_3). Zona 3 merupakan pengaman cadangan jauh untuk saluran transmisi seksi berikutnya yang terpanjang. Waktu kerja dari zona 3 adalah 1,2-1,6 detik.

$$Zona3 = 1,2 \times (ZL1 + ZL2) \dots \dots \dots (3.4)$$

2.6 Impedansi Karakteristik Saluran

Besaran-besaran terdistribusi seperti induktansi, kapasitansi, resistansi dan konduktansi merupakan parameter primer suatu saluran transmisi yang terdapat dalam semua jenis saluran. Tetapi ada juga parameter yang penting dari saluran transmisi yang disebut “impedansi karakteristik”.

Gelombang yang merambat pada saluran transmisi yang panjangnya tak berhingga, tidak akan mempengaruhi apa yang ada di ujung saluran. Perbandingan antara tegangan dan arus di ujung masukan saluran sesungguhnya dapat dianggap sama dengan perbandingan antara tegangan dan arus setelah mencapai ujung lainnya.

2.6.1 Pengukuran Impedansi Gangguan oleh *Distance Relay*

Menurut jenis gangguan pada sistem tenaga listrik, gangguan terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah. *Distance relay* sebagai pengaman utama harus dapat mendeteksi semua jenis gangguan dan kemudian memisahkan sistem yang terganggu dan sistem yang tidak terganggu. Untuk dapat melakukan fungsi tersebut, *distance relay* harus dapat mengukur impedansi gangguan yang terjadi pada saluran transmisi untuk dibandingkan dengan *setting* impedansi pada *distance relay*. Sehingga *distance relay* membutuhkan komponen bantu untuk melakukan pengukuran impedansi gangguan, antara lain trafo arus dan trafo tegangan.

2.6.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan tiga fasa merupakan gangguan simetris, karena kesimetrisan tegangan dan arus pada saat terjadinya gangguan. Jenis gangguan ini dapat disebabkan oleh kegagalan isolasi pada peralatan atau adanya *flashover* pada saluran yang disebabkan oleh petir atau kesalahan operasi dari petugas. Gangguan ini merupakan jenis gangguan yang paling jarang terjadi namun harus

diperhitungkan dalam perencanaan, karena gangguan ini menyebabkan mengalirnya arus yang sangat tinggi pada peralatan proteksi sehingga harus dapat dideteksi oleh relai.

Sifat arus gangguan simetris ialah transien, artinya arus gangguan akan menuju ke keadaan *steady state*, akan tetapi tetap terganggu. Pada gangguan tiga fasa, karena kesimetrisannya maka secara teori tidak akan terdapat arus sehingga persamaan arusnya menjadi :

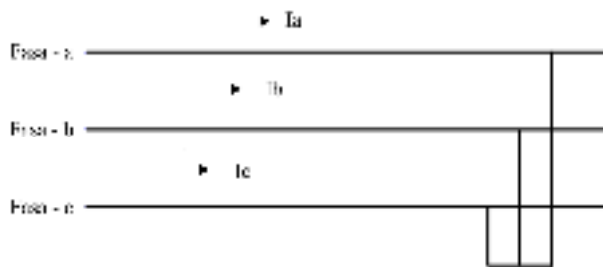
$$I_a = E_a / Z_1 \dots\dots\dots (37)$$

Keterangan:

E_a = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadi gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

I_a = Arus pada fasa A



Gambar.2.12.Gangguan hubung singkat tiga fasa

2.6.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan dua fasa biasanya disebabkan oleh adanya kawat putus dan mengenai fasa lain. Pada gangguan ini fasa yang terganggu adalah fasa b dan fasa c. Tetapi pada gangguan dua fasa ini tidak terhubung dengan tanah sehingga arus urutan nol bernilai nol. Persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

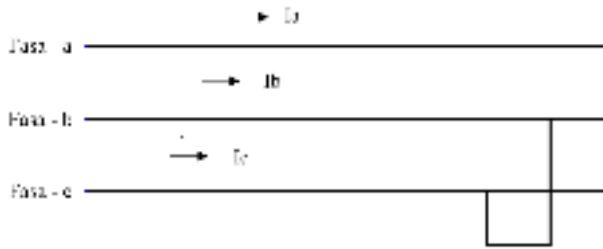
$$I_{a1} = E_a / Z_1 + Z_2 \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

E_a = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadi gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan



Gambar 2.13 Gangguan hubung singkat dua fasa

2.6.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah merupakan gangguan yang paling sering terjadi. Gangguan ini merupakan 85% dari total gangguan pada transmisi saluran udara. Contoh gangguan satu fasa ke tanah adalah gangguan akibat adanya pohon yang menimpa salah satu fasa pada saluran transmisi tenaga listrik.

$$I_{a1} = \frac{E}{aZ_1 + Z_2 + Z_0} \dots \dots \dots (3.9)$$

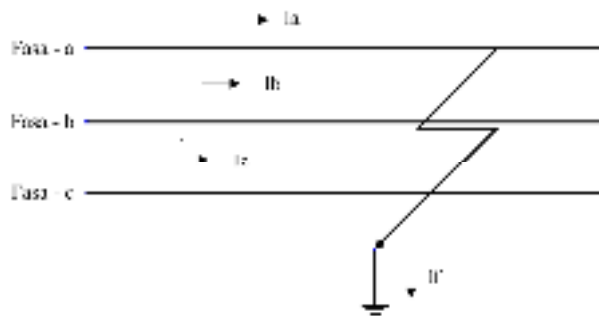
Keterangan:

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadi gangguan

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan

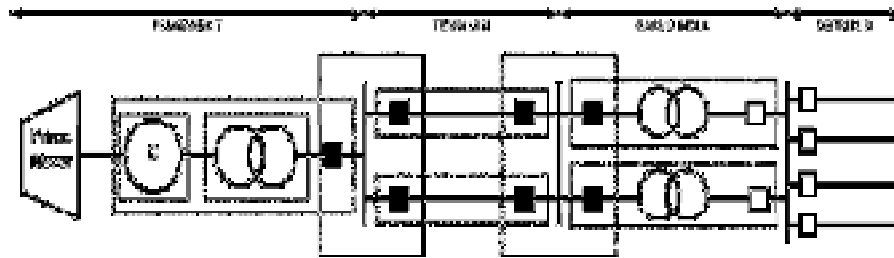
Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan



Gambar 2.14. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

2.7. Zona Proteksi

Untuk membatasi luasnya sistem tenaga listrik yang terputus saat terjadi gangguan, maka sistem proteksi dibagi dalam zona-zona proteksi. Pada zona perbatasan, zona proteksi harus tumpang tindih sehingga tidak ada bagian dari sistem yang tidak terproteksi. Tipikal proteksi dan zona proteksinya ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.15.Zona proteksi

2.7.1 Persyaratan Sistem Proteksi

Persyaratan desain proteksi harus dipertimbangkan untuk memastikan sistem tenaga listrik dilengkapi dengan sistem proteksi yang andal. Persyaratan desain ini digunakan sebagai dasar yang harus dipenuhi pada aplikasi dan pemilihan sistem proteksi, desain juga harus mempertimbangkan tipe peralatan atau komponen sistem tenaga listrik yang akan diproteksi. Suatu sistem proteksi harus memenuhi beberapa syarat, antara lain

1. Sensitif

Sistem proteksi harus mampu mendeteksi sekecil apapun ketidaknormalan sistem dan beroperasi dibawah nilai minimum gangguan. Studi koordinasi sistem proteksi harus dilakukan untuk menentukan sensitivitas *setting* dan memastikan relai bekerja dengan benar.

2. Selektif

Selektifitas dari relai proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil.

3. Cepat

Elemen sistem proteksi harus mampu memberikan respon sesuai dengan kebutuhan peralatan yang dilindungi untuk meminimalisasi terjadinya gangguan meluas, lama gangguan dan gangguan

pada stabilitas sistem. Desain sistem proteksi harus mempertimbangkan kecepatan pemutusan gangguan untuk memisahkan sumber gangguan.

4. Andal

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relai proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relai proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relai gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relai lain sehingga daerah itu mengalami pemadamanyang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relai proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Jaringan transmisi memiliki peranan yang sangat penting dalam penyaluran daya , maka dari itu perlu ditambahkan sebuah alat pengaman seperti relay untuk saluran tersebut. Pada dasarnya saluran transmisi adalah sebuah sistem yang mempunyai ketetapan nilai yang berubah-ubah terhadap gangguan atau keadaan yang ada. Relay jarak (Distance Relay) adalah salah satu jenis alat proteksi atau alat pengaman yang biasanya digunakan pada saluran tegangan tinggi (SUTT) maupun saluran udara tegangan ekstra tinggi(SUTET).

Relay jarak digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan cepat dan penyeterelannya yang relatif mudah.

Salah satu gardu induk yang memanfaatkan kemampuan proteksi dari relay jarak ini adalah gardu induk Tanjung Morawa dengan Bay penghantar 150 KV Tamora-Kualanamu.

3.2. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama dua minggu yang dimulai dari tanggal 28 Juni sampai dengan 12 Juli 2019, yang berada di lokasi Gardu Induk Tanjung Morawa- jl. Medan-Tebing Tinggi, Tanjung Morawa Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.3.Langkah- langkah Penelitian

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data pada penelitian, antara lain:

- 1 Metode wawancara dan diskusi, dengan memperoleh data berdasarkan wawancara lapangan dengan Supervisor, pembimbing lapangan, serta rekan kerja yang lain
- 2 Metode studi literature dan website internet dengan cara membaca sumber-sumber terpercaya lainnya dari website internet yang berhubungan dengan penelitian serta perolehan data.

3.4. Variabel yang Di butuhkan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data yang berfokus pada saluran transmisi, sistem proteksi dan relay yang terpasang. Adapun data tersebut meliputi :

1. Data impedansi digunakan untuk mengetahui impedansi saluran khususnya pada saluran transmisi atau GI Tamora dan GI Kualanamu .Data impedansi berupa data impedansi urutan nol, data impedansi urutan positif, dan data impedansi urutan negative.Data impedansi yang diperoleh dalam bentuk bilangan polar.
2. Data penghantar yang digunakan
Pada data ini diperoleh keseluruhan data penghantar sistem Manajemen Mutu. Data penghantar berupa tipe konduktor, panjang penghantar(km), ukuran penghantar (mm), impedansi penghantar(Ω /km), dan kapasitas arus(A).

3. Data rasio Current Transformer dan Potential Transformer

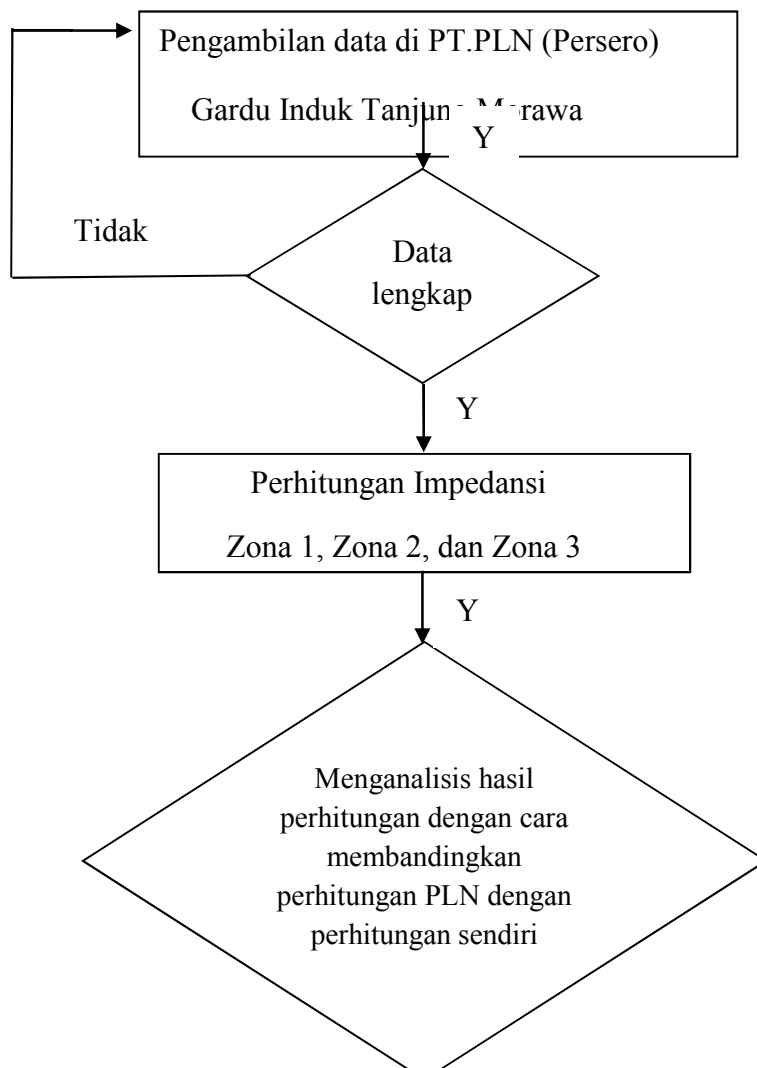
Data rasio yang diperoleh merupakan data perbandingan rasio primer dan sekunder. Rasio CT dan PT digunakan dalam perhitungan impedansi yang dibaca oleh relay jarak dan perhitungan dalam menentukan letak gangguan pada saluran transmisi .

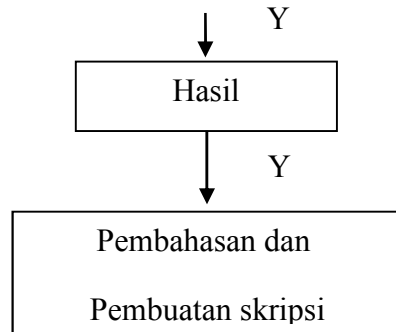
4. Data distance relay (termasuk setting impedansi)

Data berupa nama relay jarak , jenis, dan serial nomor relay jarak, arus nominal, tegangan nominal, dan frekuensi. Data setting impedansi relay jarak yang diperoleh akan digunakan sebagai pembanding dengan nilai hasil perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada skripsi ini akan dijelaskan dalam bentuk *flow chart*.





Gambar 3.1 Flowchat

3.6 Analisis Data

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penulis, di analisis data membahas tentang relay jarak serta setting-setting yang akan dihitung dan akan dibandingkan dengan setting yang telah digunakan oleh PT.PLN (Persero) pada Gardu Induk Tanjung Morawa.

Perhitungan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dilakukan secara manual dengan cara mengolah dan memasukkan data kedalam perhitungan. Pengolahan data yang dimaksud adalah memilah serta memisahkan data secara keseluruhan menjadi data yang siap dimasukkan kedalam perhitungan.

Setelah data siap digunakan maka masuk kedalam proses perhitungan dimana yang utama dilakukan adalah perhitungan impedansi per masing- masing zona , kemudian dilanjutkan dengan impedansi yang terbaca pada relay, perhitungan arus dan tegangan gangguan serta yang terakhir dilakukan adalah percobaan perhitungan jika terjadi gangguan pada saluran transmisi untuk mengetahui letak terjadinya gangguan.

3.7 Data Penelitian Pada Sistem Manajemen Mutu

3.7.1. Data Relay Jarak

Data relay jarak pada GI Tamora- Kualanamu dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini .

	Uraian	Satuan
--	--------	--------

Nama	MICOM	-
Serial	P442	-
Arus Nominal	1	A
Tegangan Nominal	100	V
Frekuensi	50	Hz
Tegangan DC	-	-

Tabel 3.1.
Data
Relay
Jarak GI
Tamora-
Kualanam
u

3.7.2. Data Rasio CT dan PT

Data rasio CT dan PT digunakan dalam perhitungan impedansi yang dilihat oleh relay, data rasio CT akan dibagi dengan rasio PT dan dikalikan dengan impedansi zona. Berikut adalah data rasio CT dan PT :

Tabel 3.2. Data Rasio CT dan PT

	Data Rasio	
	Primer	Sekunder
Current Transformer (CT)	800	1
Potensial Transformer	150000	100

3.7.3 Data Penghantar

Data penghantar pada saluran transmisi GI Tamora-Kualanamu berikut dibawah ini .

Tabel 3.3 Data penghantar GI Tamora - Kualanamu

Item	Uraian	Satuan
Konduktor	ACSR	-
Penghantar	Doble Hawk	-
panjang Penghantar	14,1	Km
Jumlah Tower	52	Buah

ran	240	Mm
edansi	,12745+j0,42397	Ω/km
asitas Arus	645	A

3.7.4 Data Setting Impedansi Zona Proteksi GI Tamora- GI Kualanamu

Tabel dibawah ini berupa setting impedansi pada masing-masing zona relay jarak yang diperoleh dari PT.PLN, berikut adalah data tersebut:

Tabel 3.4 Data Setting pada Relay Jarak Masing-Masing Zona

Gardu Induk	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Tamora- Kuala namu	2,66 Ω	4 Ω	6,9 Ω

3.7.5 Data Hasil Pengukuran

Dalam penelitian ini data hasil pengukuran yang dilakukan oleh PLN tersebut disajikan pada tabel 3.4 sebagai berikut .

Tabel 3.5 Data Pengukuran Oleh PLN

S/N: 31369668/06/10
 Panjang Line : 14,1 Km

Impedansi urutan positif: 0,236Ω/Km
 Impedansi urutan nol : Ω/Km

ZL1 : 0,188 Ω/Km
 ZL2 : 0,283 Ω/Km
 Rasio CT : 8000/5000
 Rasio VT : 150 KV/100 Volt

1. Tap Setting :

Zone 1			Zone 2			Zone 3		
Impedansi	0,236	Ω	Impedansi	0,236	Ω	Impedansi	0,236	Ω
Rasio CT	8000	5000	Rasio CT	8000	5000	Rasio CT	8000	5000
Rasio VT	150	100	Rasio VT	150	100	Rasio VT	150	100
Impedansi	0,236	Ω	Impedansi	0,236	Ω	Impedansi	0,236	Ω
Rasio CT	8000	5000	Rasio CT	8000	5000	Rasio CT	8000	5000
Rasio VT	150	100	Rasio VT	150	100	Rasio VT	150	100

2. Setting Relay :

Zone	Setting	Setting	Setting	Setting
1	0,236	0,236	0,236	0,236
2	0,236	0,236	0,236	0,236
3	0,236	0,236	0,236	0,236

3. RANGKAIAN

Relay	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Residu
1	0,236	0,236	0,236	0,236
2	0,236	0,236	0,236	0,236
3	0,236	0,236	0,236	0,236
4	0,236	0,236	0,236	0,236
5	0,236	0,236	0,236	0,236
6	0,236	0,236	0,236	0,236
7	0,236	0,236	0,236	0,236