

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada umumnya proteksi utama yang banyak digunakan pada saluran transmisi adalah rele jarak sedangkan rele arus lebih biasanya hanya sebagai pengaman cadangan. Dibanding rele arus lebih, penggunaan rele jarak sebagai perangkat pengaman saluran transmisi praktis lebih baik karena rele ini tidak begitu terpengaruh oleh besarnya arus gangguan dan lagi pula tidak begitu terpengaruh dengan perubahan sumber daya dan konfigurasi jaringan. Keuntungan menggunakan proteksi dengan relai jarak dibandingkan dengan proteksi arus lebih, terletak pada cakupan daerah gangguan jaringan yang diproteksi yang tidak tergantung pada besar-kecilnya impedansi sumber (Pandjaitan, 2012).

Penelitian mengenai setting relai jarak telah banyak dilakukan sebelumnya, antara lain yaitu pada penelitian dalam jurnal yang berjudul Studi Keandalan *Distance Relay* Jaringan 150 kV GI Tello - GI Pare-Pare (Syafar, 2010). Dalam jurnal ini dapat diketahui mengenai setting relai jarak dan keandalannya pada GI Tello - GI Pare-Pare 150 kV berdasarkan, perhitungan setting impedansi *distance relay*, arus hubung singkat yang kemudian dapat dianalisis berdasarkan tingkat selektivitas relai. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan berupa impedansi sumber, rasio CT, dan VT. Hasil dari perhitungan akan dibandingkan dengan impedansi saluran yang terganggu dengan impedansi *distance relay* yang dihitung. Apabila dilihat dari selektifitas, relai jarak dikatakan selektif dan andal apabila *distance relay* mampu mengetahui letak dan jarak gangguan, serta dapat memilih pemutus jaringan yang terdekat dari tempat gangguan untuk membuka.

Adapun jurnal yang berjudul Analisa dan Pengaturan Ulang Relai Jarak pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV Keramasan - Bukit Asam (Fikriansyah, Hamdadi, 2014). Dalam jurnal ini dapat diketahui mengenai sistem kerja relai jarak apa sudah baik digunakan atau tidak melalui perbandingan nilai impedansi berdasarkan perhitungan setting relai jarak. Untuk menghitung impedansi jaringan Z_1 , Z_2 , Z_0 , Z_{om} , K_0 , K_{om} dan Zona

setting relai jarak yaitu Zona 1, zona 2 dan zona 3 dibutuhkan data sumber (arus dan tegangan), rasio CT, rasio VT, dan Kabel Penghantar.

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas, maka dilakukan pengembangan yang memiliki keterkaitan dengan objek penelitian yang sama, yaitu pada Analisa perhitungan *setting* relai jarak pada SUTT 150 kV GIS Pondok Kelapa - Gandaria akibat adanya *jumper bypass* pada GIS Miniatur 150 kV. Perhitungan setting relai jarak yang digunakan menggunakan perhitungan manual, yang nantinya membutuhkan rasio CT&VT, dan saluran konduktor. Dalam penelitian ini yang berjudul “Analisa Perhitungan Setting Relai Jarak SUTT 150 kV GIS Pondok Kelapa - Gandaria Akibat Adanya *Jumper Baypass*”.

2.2 Saluran Transmisi

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari suatu tempat ke tempat lain seperti dari pembangkit ke gardu induk. Tenaga listrik ditransmisikan melalui media bahan konduktor yang dialirkan ke pusat beban. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat jatuh tegangan.

Berdasarkan sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkan, pemerintah Indonesia telah menyeragamkan deretan tegangan tinggi. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di Indonesia adalah 70 kV, 150 kV, 220 kV, dan 380 kV, sedangkan untuk Saluran Ekstra Tegangan Tinggi (SUTET) adalah 500 kV. Standar ini mengikuti rekomendasi dari IEC.

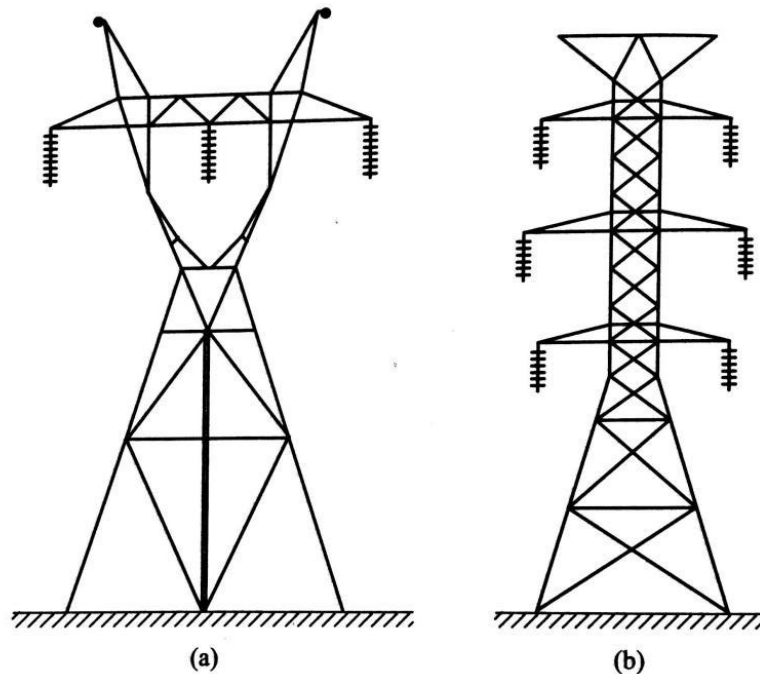
2.2.1 Peralatan Utama Saluran Transmisi Udara

Komponen - komponen utama dari saluran transmisi udara adalah sebagai berikut :

1. Menara atau Tiang Transmisi

Menara atau tiang transmisi adalah suatu bangunan penopang saluran transmisi yang bisa berupa menara baja, tiang baja, tiang beton, tiang bertulang dan tiang kayu. Tiang baja, beton atau kayu umumnya digunakan pada saluran dengan tegangan kerja relatif rendah (dibawah 70 kV), sedangkan untuk saluran tegangan tinggi atau ekstra tinggi menggunakan menara baja, seperti terletak pada Gambar 2.1.

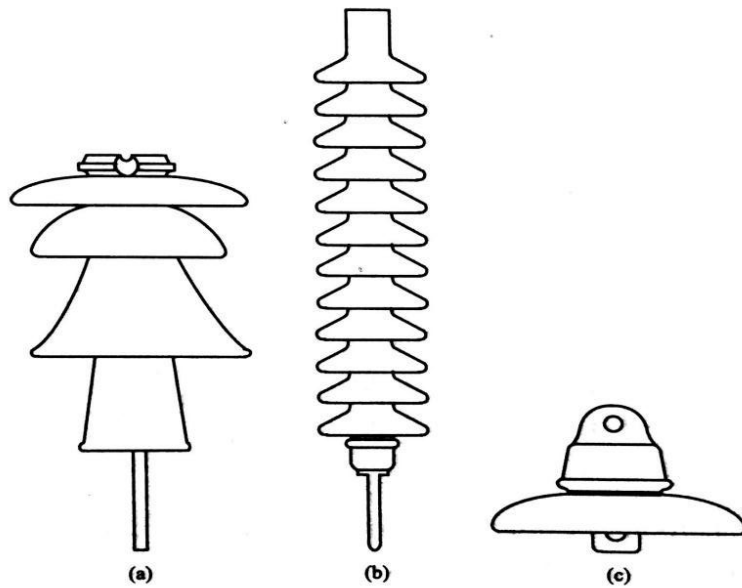
Menara baja dibagi sesuai fungsinya, yaitu menara dukung, menara sudut, menara ujung, menara percabangan dan menara transposisi.



Gambar 2.1 Menara transmisi (a) Saluran tunggal, (b) Saluran ganda

2. Isolator

Jenis isolator yang digunakan dalam saluran transmisi adalah jenis porselin atau gelas. Menurut penggunaan dan konstruksinya dikenal ada tiga jenis isolator, yaitu isolator jenis pasak, isolator jenis pos saluran dan isolator gantung. Isolator jenis pasak dan isolator pos saluran digunakan pada saluran transmisi dengan tegangan kerja yang relatif rendah (kurang dari 22-33 kV), sedang isolator gantung dapat digandeng menjadi rentangan isolator gantung dapat digandeng menjadi rentangan isolator yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan. Jenis-jenis isolator ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis-jenis isolator porselin : (a) pasak, (b) pos saluran, dan (c) gantung

3. Kawat Penghantar

Jenis-jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi adalah tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%), atau aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%)

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

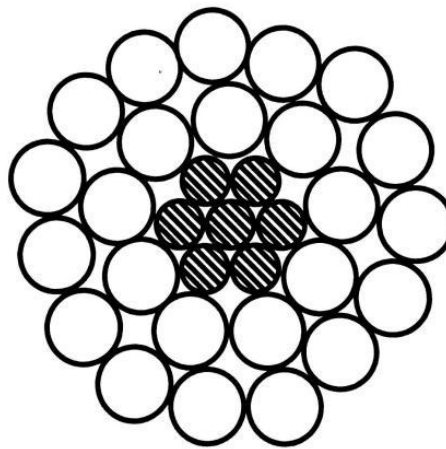
- 1) AAC (*All-Aluminium Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium.
- 2) AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conductor*), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
- 3) ACSR (*Aluminium Conductor Steel-Reinforced*) Conductor, Steel-Reinforced), yaitu kawat penghantar aluminium berinti kawat baja.
- 4) ACAR (*Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced*), yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan kawat penghantar aluminium, karena konduktivitas dan kuat tariknya yang lebih tinggi. Tetapi juga memiliki kelemahan, yaitu

untuk besar tahanan yang sama, tembaga lebih berat dan lebih mahal dari aluminium. oleh karena itu dewasa ini kawat penghantar aluminium telah mulai menggantikan kedudukan kawat penghantar tembaga.

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

Gambar 2.3 memperlihatkan penampang dari suatu kawat penghantar ACSR yang banyak digunakan. Penghantar tersebut terdiri dari 7 serat baja/steel (*St*) yang membentuk inti tengah, sedangkan di sekelilingnya terdapat dua lapisan serat aluminium (*A*) dengan 24 serat. Kawat penghantar semacam ini dispesifikasikan sebagai 24A/7St atau 24/7 saja.



Gambar 2.3 Penampang kawat penghantar ACSR

4. Kawat pentanahan

Kawat tanah atau *ground wire* disebut juga sebagai kawat pelindung yang berguna untuk melindungi kawat penghantar atau kawat fasa terhadap sambaran petir. Jadi kawat tanah itu dipasang diatas kawat fasa. Sebagai kawat tanah, umumnya dipakai kawat baja yang lebih murah tetapi tidak jarang juga memakai kawat ACSR.

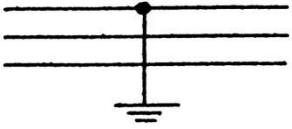
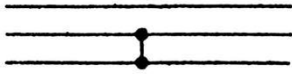
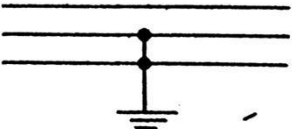

2.2.2 Gangguan pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Gangguan merupakan suatu kejadian yang menyebabkan relai dan Pemutus Tenaga (PMT) bekerja di luar kehendak operator, sehingga menyebabkan putusnya aliran daya yang melalui PMT tersebut. Bagian SUTT yang paling sering terkena gangguan ada pada kawat transmisi 50-80% dari seluruh gangguan. Hal ini disebabkan karena luas dan panjang kawat transmisi yang terbentang dan beroperasi pada kondisi udara yang berbeda – beda.

Ditinjau dari sifatnya, gangguan pada SUTT 150 KV terdiri dari gangguan yang bersifat temporer dan bersifat permanen. Dimana gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen. Sedangkan untuk gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Untuk gangguan yang bersifat sementara, setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali. Sedangkan pada gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

Kebanyakan macam gangguan yang digolongkan berbahaya adalah hubung singkat. Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan. Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah.

Macam gangguan	Gambaran gangguan
1. Satu fase ketanah	
2. Fase ke fase	
3. Dua fase ketanah	
4. Tiga fase	

Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat

2.2.3 Akibat-akibat Gangguan

Pada umumnya akibat serius dari gangguan-gangguan yang tidak segera dihilangkan adalah kebakaran yang tidak hanya merusak peralatan tetapi dapat merembet kedalam sistem dan ini dapat menyebabkan kegagalan total. Kebanyakan macam gangguan yang digolongkan berbahaya adalah hubung singkat, yang mengakibatkan hal-hal berikut :

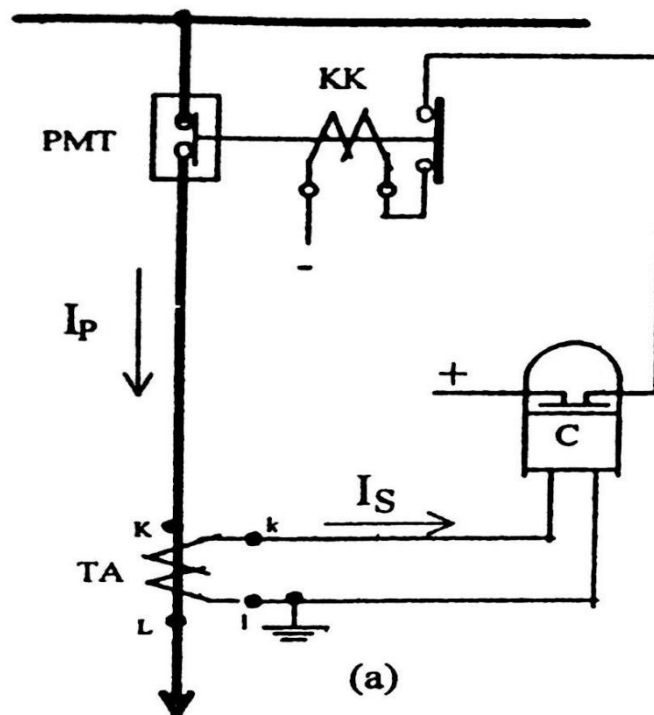
1. Kerusakan terhadap peralatan lainnya pada sistem diakibatkan oleh panas berlebihan dan akibat timbulnya gaya mekanis yang abnormal.
2. Berkurangnya tegangan yang mana kadang-kadang cukup besar sehingga kumparan relainya gagal berfungsi.

2.3 Proteksi Saluran Tegangan Tinggi

Sistem proteksi adalah susunan satu atau lebih peralatan proteksi dan peralatan lain yang bertujuan untuk menjalankan satu atau lebih fungsi proteksi. Proteksi pada Saluran Tegangan Tinggi adalah proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik pada penghantar antara GI ke GI lainnya sehingga proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga ke Gardu Induk 1 ke Gardu Induk yang lain dapat disalurkan dengan aman. Proteksi pada Saluran Tegangan Tinggi

diterapkan agar jika terjadi gangguan pada peralatan listrik, peralatan tersebut tidak mengalami kerusakan.

Setiap relai dalam pola perlindungannya membentuk fungsi tertentu dan tanggap terhadap perubahan besaran tertentu dalam sirkit. Sebagai contoh ada type rele yang dapat bekerja bila arusnya melebihi suatu nilai tertentu, sementara itu yang lainnya membandingkan arus dan tegangan dan bekerja bila perbandingan V/I melebihi dari suatu nilai tertentu. Rele yang pertama dikenal sebagai rele arus lebih dan yang terakhir dikenal sebagai rele jarak.



Gambar 2.5 Cara Kerja Sistem Proteksi

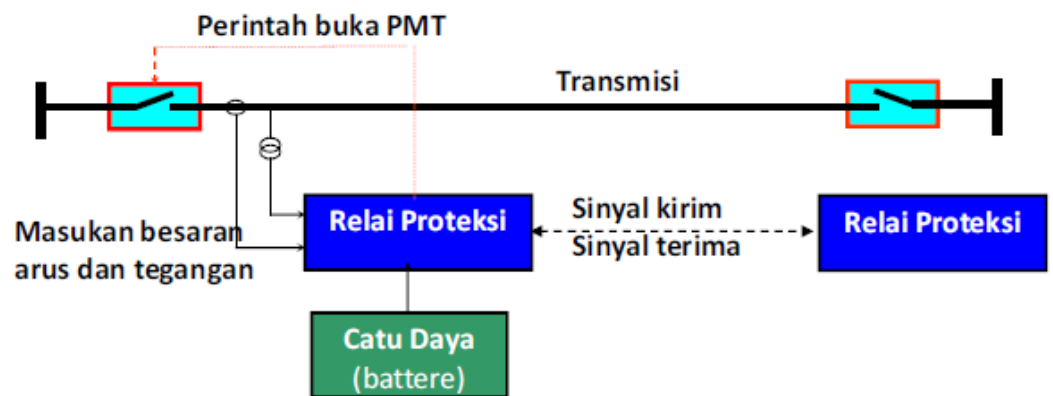
Dari gambar dapat dijelaskan :

Apabila ada arus gangguan (I_f) primer yang besar mengalir pada saluran, maka arus gangguan akan di ubah oleh trafo-arus (CT) menjadi level yang dapat terbaca oleh rele. Sehingga trafo CT membantu relai mendeteksi adanya arus gangguan tersebut. Dengan adanya aliran arus yang melalui CT akan memberikan perintah *trip* ke relai. Dengan demikian rangkaian akan menjadi rangkaian tertutup. Mengingat pada

rangkaian ini terdapat sumber arus searah (DC), maka pada Kumputan Kerja (KK) akan dialiri arus searah yang selanjutnya akan mengerjakan Kontak Pemutus (PMT) sehingga bagian sistem yang harus diamankan terbuka.

2.3.1 Peralatan Proteksi Saluran Tegangan Tinggi

Sistem proteksi terdiri dari peralatan CT/PT, Relai proteksi, PMT, Catu daya, dan teleproteksi yang diintegrasikan dalam suatu rangkaian pengawatan. Pengawatan berfungsi untuk menghubungkan semua elemen tersebut diatas membentuk suatu sistem proteksi.



Gambar 2.6. Elemen Sistem Proteksi

1) Transformator Arus dan Tegangan (CT/PT)

Trafo arus/Current Transformer (CT) adalah suatu peralatan listrik yang dapat memperkecil arus besar menjadi arus kecil, dipergunakan dalam rangkaian arus bolak balik. Trafo tegangan/Potensial Transformer (PT) adalah suatu peralatan listrik yang dapat memperkecil tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, yang dipergunakan dalam rangkaian arus bolak-balik (Sarimun, 2016). Fungsi dari CT dan PT pada sistem proteksi yaitu dengan memberikan informasi mengenai tenaga listrik (normal atau terganggu) juga berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan tinggi (jaringan yang diamankan) terhadap bagian tegangan rendah (relai pengaman).

2) Relai Proteksi

Relai merupakan suatu peralatan yang dirancang untuk menghasilkan perubahan pada rangkaian *output* apabila nilai parameter *input* telah mencapai nilai yang ditetapkan sebelumnya. Relai proteksi berfungsi mendeteksi gangguan atau kondisi ketidaknormalan lainnya pada sistem tenaga listrik dalam rangka membebaskan atau mengisolasi gangguan, menghilangkan kondisi tidak normal dan untuk menghasilkan sinyal atau indikasi yang selanjutnya memberi perintah trip pada PMT.

3) Pemutus Tenaga (PMT)

Circuit breaker (CB) atau Pemutus Daya (PMT) adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi yang dapat bekerja secara otomatis, termasuk arus hubung singkat (sesuai dengan ratingnya) atau secara manual ketika dilakukan perawatan atau perbaikan.

4) Catu Daya / Baterai

Berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menggerakkan PMT agar relai tersebut dapat mengolah informasi yang diterima dan memberikan perintah kerja (*trip*) ke PMT.

5) Teleproteksi

Teleproteksi merupakan rangkaian peralatan yang berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal dari gardu induk yang satu ke gardu induk lain didepannya atau yang berhadapan, untuk dapat memberikan perintah *trip* seketika.

2.3.2 Persyaratan Sistem Proteksi

Persyaratan sistem proteksi harus diperhatikan, untuk memastikan agar sistem tenaga listrik dilengkapi dengan sistem proteksi yang andal. Persyaratan ini digunakan sebagai dasar yang harus dipenuhi pada aplikasi dan pemilihan sistem proteksi dalam sistem transmisi, khususnya pada

instalasi baru. Dan juga harus mempertimbangkan tipe peralatan atau komponen sistem tenaga listrik yang akan diproteksi.

Sistem proteksi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1) Sensitifitas

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

2) Selektifitas

Sistem proteksi harus mampu menentukan daerah kerjanya dan atau fasa yang terganggu secara tepat. Peralatan dan sistem proteksi hanya memisahkan bagian dari jaringan yang terganggu atau memisahkan bagian yang terganggu tidak menyebabkan pemutusan / pemadaman jaringan yang lebih luas.

3) Andal

Kemungkinan suatu sistem proteksi dapat bekerja benar sesuai fungsi yang diinginkan dalam kondisi dan jangka waktu tertentu. Proteksi diharapkan bekerja pada saat kondisi yang diharapkan terpenuhi dan tidak boleh bekerja pada kondisi yang tidak diharapkan.

Keandalan sistem proteksi dibagi menjadi dua, yaitu:

a) Keterpercayaan (*Dependability*) :

Derajat kepastian suatu sistem proteksi tidak mengalami gagal kerja pada kondisi yang diperlukan dalam jangka waktu tertentu. Keterpercayaan dapat ditingkatkan dan diperoleh dengan salah satu nya duplikasi proteksi utama dan/atau proteksi cadangan untuk mengantisipasi kegagalan proteksi utama dan menjaga keandalan teleproteksi.

b) Keterjaminan (*Security*) :

Elemen sistem proteksi diharapkan tidak salah kerja/stabil pada kondisi sistem yang disyaratkan (diluar zona proteksinya).

4) Cepat

Sistem proteksi dapat memberikan respon sesuai dengan waktu yang diinginkan oleh sistem tenaga listrik. Keterlambatan melepaskan sistem yang terganggu dapat mengakibatkan gangguan kestabilan pada sistem atau dapat merusak peralatan dan komponen jaringan yang disebabkan oleh thermal stress.

5) Ekonomis

Sistem proteksi yang harganya lebih murah belum tentu lebih ekonomis, perhitungan terhadap masalah ini perlu ditinjau dari segi aspek yang lebih luas, misalnya faktor resiko, pemeliharaan dan sebagainya.

2.3.3 Tipe Rele Proteksi

Ada 2 yaitu jenis sistem proteksi, yaitu sistem proteksi utama dan cadangan.

- A) Proteksi utama adalah sistem proteksi yang diharapkan segera bekerja jika terjadi kondisi abnormal atau gangguan pada daerah yang diamankannya. Contohnya saluran transmisi terdiri atas proteksi relai jarak dan proteksi relai differensial. Untuk proteksi utama di sistem 500 kV diprioritaskan menggunakan relai differensial.
- B) Pengaman *back-up* atau proteksi cadangan pada saluran transmisi merupakan pengaman yang berfungsi sebagai pengaman peralatan apabila proteksi utama tidak bekerja. Untuk proteksi cadangan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu :
 - 1) Sistem Proteksi Cadangan Lokal, yang dapat bekerja apabila pengaman utama yang sama gagal bekerja. Contoh yang banyak digunakan yaitu OCR (*Over Current Relay*) atau GFR (*Ground Fault Relay*).
 - 2) Sistem Proteksi Cadangan Jarak Jauh, yaitu pengaman yang bekerja bilamana pengaman utama ditempat lain tidak dapat bekerja dapat menggunakan zona-2 dan zona-3 relai jarak pada saluran transmisi.

2.4 Rele Jarak

Rele jarak adalah salah satu jenis proteksi penghantar yang bekerja berdasarkan pengukuran nilai impedansi penghantar. Impedansi penghantar yang dirasakan oleh relai adalah hasil bagi tegangan dengan arus dari

sebuah sirkit. Selain sebagai proteksi utama penghantar, rele ini juga berfungsi sebagai proteksi cadangan jauh terhadap proteksi utama penghantar di depannya. 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 dengan menggunakan rumus :

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

Z_f = Impedansi sampai dengan titik Gangguan (Ohm)

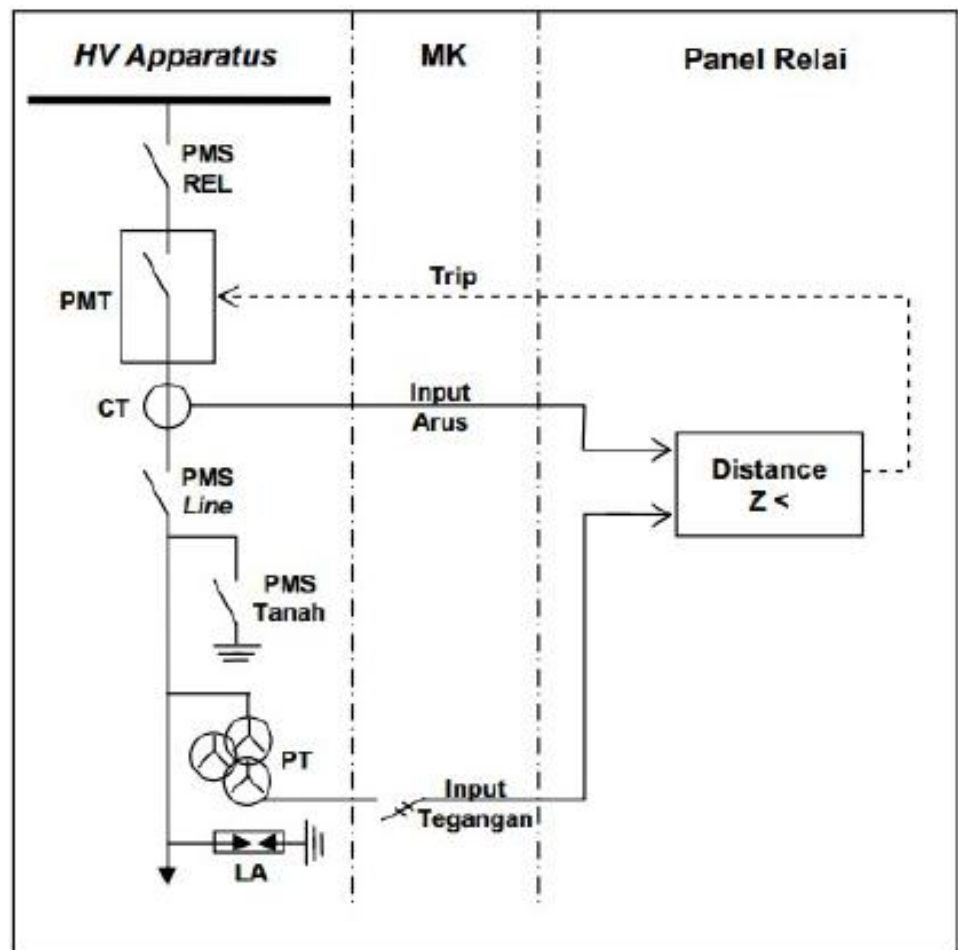
V_f = Tegangan Gangguan (Volt)

I_f = Arus gangguan (Ampere)

2.4.1 Prinsip Kerja Relai Jarak

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

- a. Apabila nilai impedansi gangguan lebih kecil dari nilai impedansi *setting* maka rele akan bekerja (*trip*).
- b. Apabila nilai impedansi gangguan yang lebih besar dari impedansi *setting* maka rele tidak akan bekerja (*trip*).



Gambar 2.7 Gambar Blok Diagram Rele Jarak

Berdasarkan gambar blok diagram diatas relay jarak mendapatkan input arus dari trafo arus (CT) dan juga input tegangan dari trafo tegangan (PT) yang berfungsi sebagai sumber masukan relay untuk membaca berapa besaran tegangan dan arus yang ada di penghantar. Besaran tegangan dan arus tersebut di konversi direlay menjadi satuan impedansi. Dan apabila terjadi gangguan, maka pembacaan impedansi di relay akan berubah dan bila nilai impedansi berada dibawah nilai settingnya maka relay akan bekerja dan memberikan perintah trip ke PMT.

2.4.2 Karakteristik rele jarak

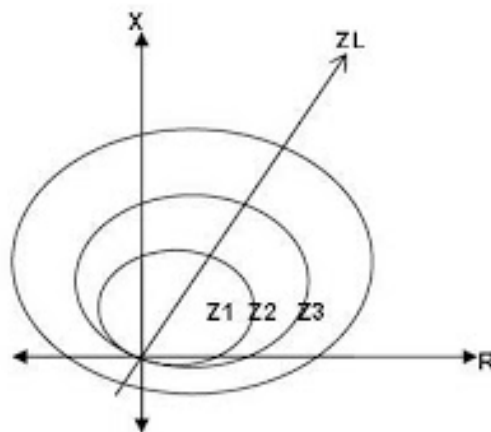
Karakteristik relay jarak merupakan penerapan langsung dari prinsip dasar relay jarak. Karakteristik ini biasa digambarkan didalam diagram R-X. Umumnya metode yang digunakan adalah dengan membandingkan dua input (dapat berupa besaran atau sudut fasa) untuk

menentukan apakah gangguan yang terjadi dapat berada di dalam atau diluar daerah kerja relai. Relai jarak memiliki beberapa karakteristik kerja diantaranya mho dan quadrilateral.

a) *Jenis Mho*

Ciri-ciri :

- Titik pusatnya bergeser sehingga mempunyai sifat *directional*.
- Mempunyai keterbatasan untuk mengantisipasi gangguan tanah *high resistance*. Gangguan *high resistance* akan menambah nilai R_f (tahanan gangguan) sehingga relai akan bekerja di luar zona proteksinya (gangguan yang berada di *zone-1* namun karena bersifat resistif sehingga relai membacanya sebagai *zone-2*), begitu pula jika terdapat jenis gangguan kapasitif maupun induktif. Gangguan akan menambah nilai X_f (reaktansi kapasitif atau induktif gangguan) sehingga akan bekerja di luar zona proteksinya.
- Bisa digunakan untuk karakteristik gangguan fasa-fasa



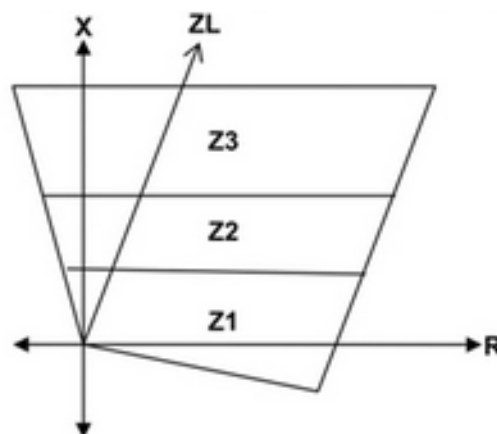
Gambar 2.8 karakteristik Mho dengan diagram R/X

b) *Jenis Quadrilateral*

Ciri-ciri :

- Karakteristik quadrilateral merupakan kombinasi dari 3 macam komponen yaitu : *reactance*, berarah dan resistif.

- Dengan seting jangkauan resistif cukup besar maka karakteristik relai quadrilateral dapat mengantisipasi gangguan tanah dengan tahanan tinggi (*high resistance*). Dengan batasan jangkauan resistif kurang dari 50 % impedansi beban.
- Umumnya pada relai elektromekanik dan statis kecepatan relai dengan karakteristik quadrilateral lebih lambat dari jenis mho. Pada relai numerik yang telah menggunakan digital sinyal microprocessor (DSP) kecepatan antara karakteristik mho dan quadrilateral relative sama.
- Bisa digunakan untuk karakteristik gangguan fasa-fasa dan fasa-tanah



Gambar 2.9 Karakteristik Quadrilateral

2.4.3 Zona Proteksi pada Rele Jarak

Telah disebutkan bahwa rele jarak dapat digunakan sebagai proteksi utama maupun sebagai proteksi cadangan jauh (*remote back-up protection*) untuk saluran transmisi yang berdekatan. Daerah kerja rele jarak pada umumnya dibagi menjadi tiga zona yang dikoordinasikan dengan zona proteksi saluran transmisi seksi berikutnya. Dasar pemilihan zona pengaman rele jarak yang diaplikasikan adalah sebagai berikut :

1. Zona 1

Zona 1 adalah daerah proteksi rele jarak yang paling penting dan kritis di banding Zona lainnya. Mengingat pentingnya maka aakurasi

pengukuran terhadap daerah proteksi Zona 1 sepanjang saluran harus dilakukan dengan tingkat ketelitian dan kecepatan kerja yang tinggi. Setelan jangkauan yang digunakan adalah sebesar 80-85 % dari impedansi saluran transmisi yang diproteksinya. Sedangkan sisa daerah proteksi jarak sebesar 15-20% panjang saluran harus disetel menjadi daerah proteksi zona 2.

Ada beberapa faktor kesalahan yang perlu dipertimbangkan diantaranya pengukuran akibat keterbatasan Trafo arus (CT, trafo tegangan (PT), ketidaktelitian tabel data impedansi saluran yang tersedia termasuk kesalahan-kesalahan setela rele dan kesalahan pengukuran lain dengan hadirnya tahanan gangguan yang bisa berbeda-beda.

2. Zona 2

Secara teoritis daerah proteksi zona 2 adalah daerah proteksi rele mula iujung akhir proteksi Zona 1 hingga saluran yang tidak tercakup termasuk sebagian saluran berikutnya. untuk memastikan perlindungan dapat mencakup seluruh saluran termasuk kompensasi terhadap sumber kesalahan seperti diuraikan diatas, maka setelan capaian rele proteksi Zona 2 harus dibuat dengan sekurang-kurangnya 120% dari impedansi saluran yang dilindungi. Bahkan zona 2 dapat disetel untuk mengamankan saluran yang dilindungi hingga 50% dari saluran yang berdekatan.

3. Zona 3

Zona 3 rele dapat berfungsi sebagai pengaman cadangan untuk saluran transmisi seksi berikutnya atau sebagai pengaman cadangan apabila kedua pengaman diantara zona 1 dan zona 2 gagal, sehingga di set agar dapat meliputi seluruh saluran transmisi seksi berikutnya yang terpanjang (Z_{L3}).

Hal yang perlu dicatat adalah bahwa pada sistem tenaga yang saling terinterkoneksi, pengaruh arus gangguan yang memasok busbar remote bisa menyebabkan impedansi yang diukur terlihat lebih besar dari impedansi gangguan sebenarnya. Pada sistem transmisi radial dengan sumber tunggal, kendala pengukuran tersebut tidak akan terjadi karena

pengukuran impedansi gangguan dapat dilakukan tanpa adanya pengaruh sumber diujung remote.

2.5 Pola Pengaman Pada Relai Jarak

Pola pengaman pada relai jarak ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk keamanan peralatan maupun keandalan operasi namun disini tidak mengesampingkan aspek-aspek investasi.

2.5.1 Pola *Basic*

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

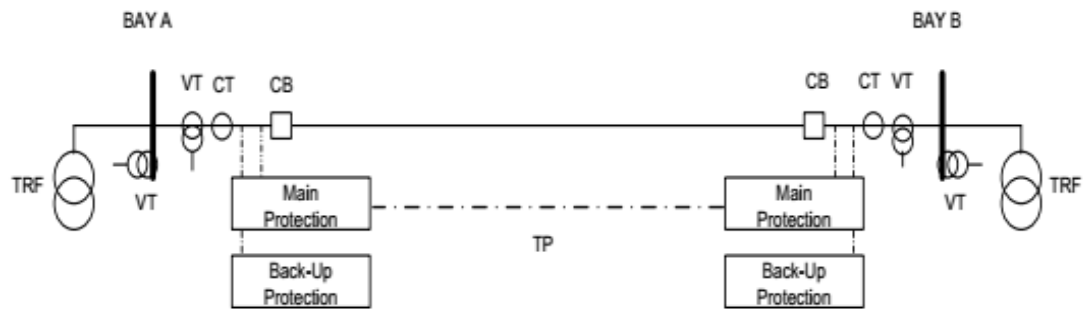


Gambar 2.10 Pola Basic

2.5.2 Pola Teleproteksi

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

Pola proteksi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Pola pengaman teleproteksi

Pola teleproteksi yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut :

2.5.2.1 Permissive Underreach Transfer Trip (PUTT)

Prinsip Kerja dari pola PUTT :

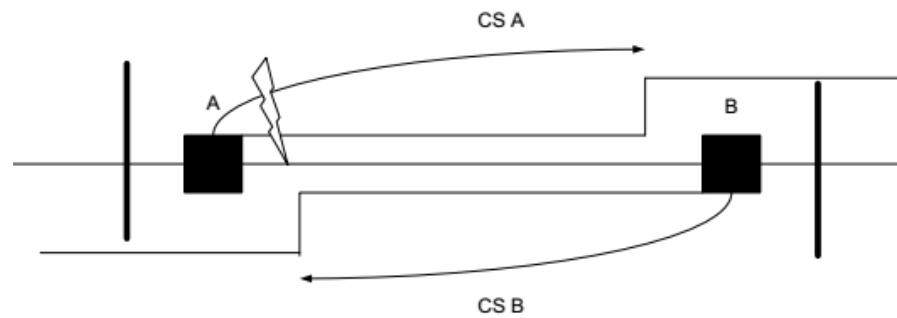
- Pola ini umumnya dioperasikan/ diterapkan pada relai jarak sebagai proteksi untuk saluran transmisi panjang dan menengah.
- Pengiriman sinyal *carrier* dilakukan bila gangguan dirasakan pada *zone-1*
- Trip seketika (waktu *zone-1*) terjadi pada dua kondisi sebagai berikut :

(1)Gangguan pada *zone-1*

(2) Relai mendeteksi gangguan pada *zone-2* dan menerima sinyal *carrier* dari GI lawan

Kelebihan PUTT :

- a) Untuk gangguan di daerah ujung saluran yang diamankan (*zone-2*), relai di kedua ujung saluran yang akan diamankan akan trip seketika karena menerima sinyal trip dari relai di ujung lawannya.

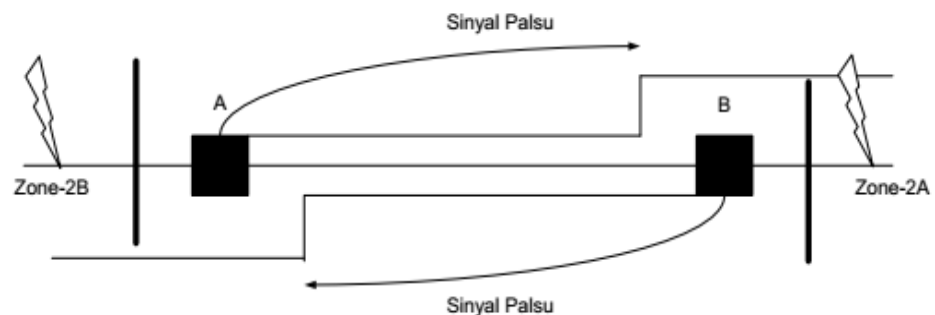


Gambar 2.12 Kelebihan pola PUTT

- b) Jika pengiriman sinyal gagal, relai diharapkan masih bisa selektif artinya relai masih bekerja walaupun dengan pola *basic*.

Kekurangan pola PUTT :

- a) Adanya sinyal trip palsu dari relai B akan menyebabkan relai A bekerja seketika untuk gangguan diluar daerah yang di proteksi tetapi masih *zone-2*, sehingga relai tidak selektif.



Gambar 2.13 Kekurangan pola PUTT

- b) Jika pengirim sinyal gagal, dari A ke B tidak akan terjadi trip seketika tetapi trip dengan t_2 (lebih lambat) sesuai dengan penyetingan relai.

2.5.2.2 Permissive Overreach Transfer Trip (POTT)

Prinsip kerja pola POTT:

- Pola POTT umumnya diterapkan pada saluran transmisi dengan panjang pendek dan menengah
- Pengiriman sinyal *carrier* dilakukan bila gangguan dirasakan pada *zone-2* starting.

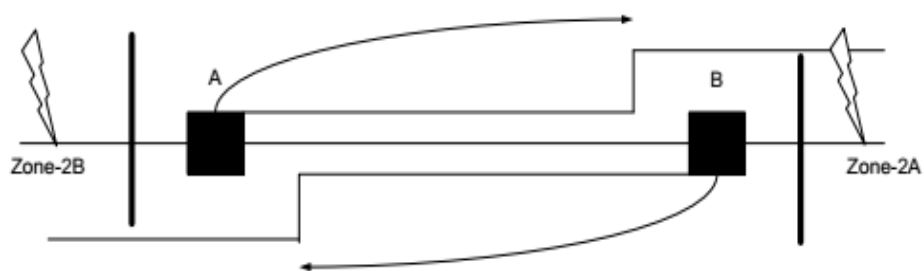
- Trip seketika (waktu *zone-1*) terjadi pada dua kondisi sebagai berikut :
 - (1) Gangguan pada *zone-1*
 - (2) Relai mendeteksi gangguan pada *zone-2* dan menerima sinyal *carrier* dari GI lawan

Kelebihan POTT :

- a) Untuk gangguan yang terjadi ditengah saluran dengan gangguan tahanan tinggi, dimana kedua relai akan merasakan impedansi *zone-2* starting, relai di kedua ujung saluran yang diamankan akan trip seketika karena sama-sama menerima sinyal trip dari relai diujung yang lain.
- b) Jika pengiriman sinyal gagal, relai akan bekerja basic.

Kekurangan POTT :

- a) Jika pengiriman sinyal gagal, dari A ke B maka akan terjadi trip seketika dengan t_2 (lebih lambat) sesuai penyetingan relai dikedua sisi.
- b) Jika pada saat bersamaan terjadi gangguan diluar daerah yang diamankan, maka relai kedua sisi akan ikut bekerja secara instantaneuous (tidak selektif).

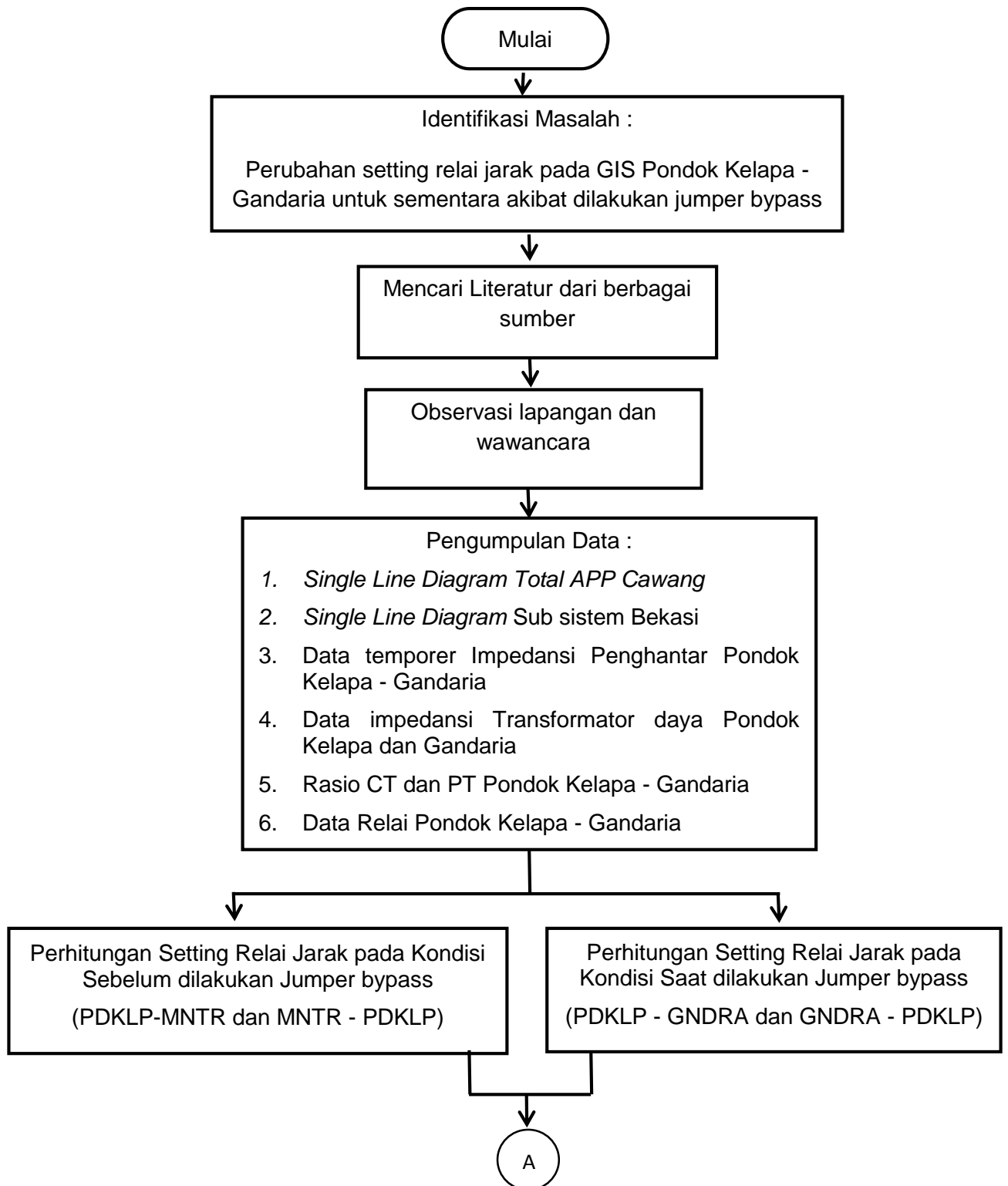


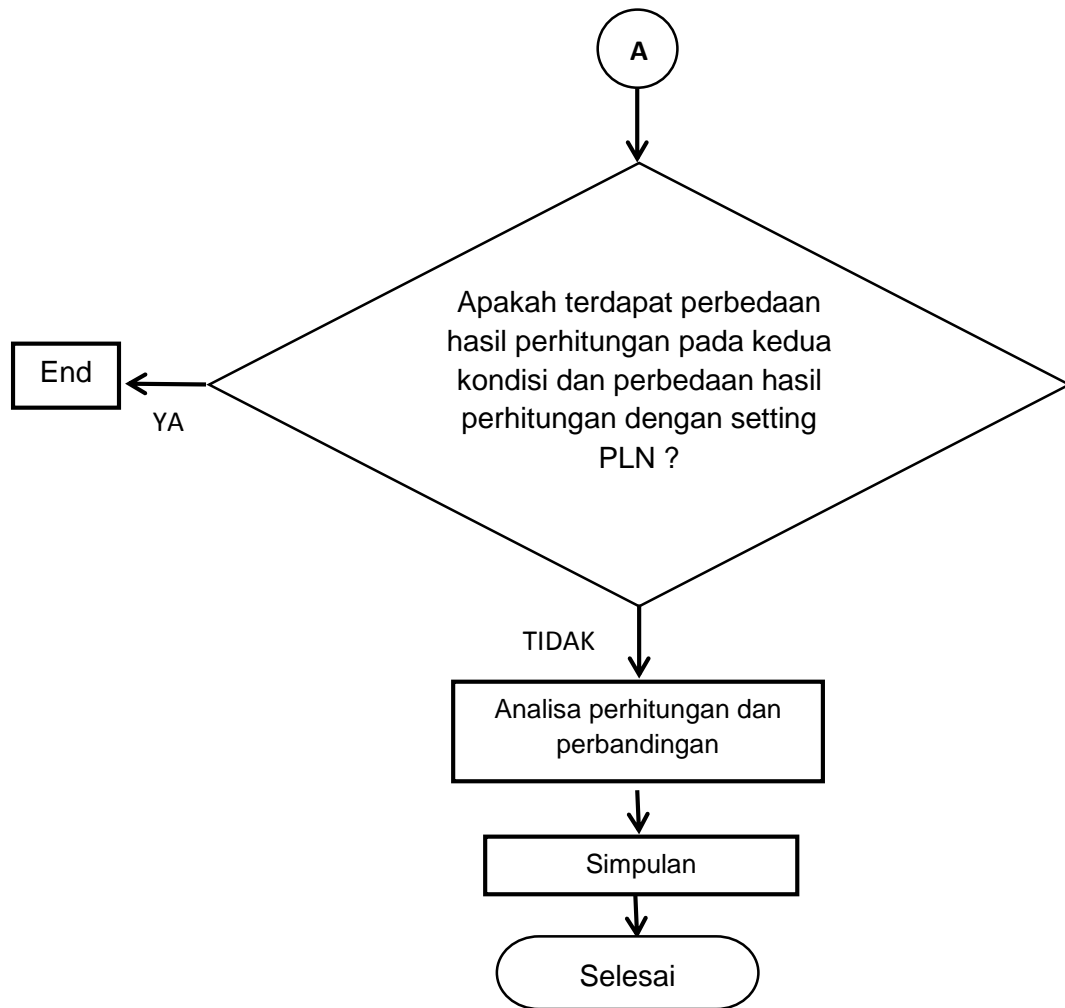
Gambar 2.14 Kekurangan pola POTT

2.6 Kerangka Pemikiran

Untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu adanya susunan kerangka kerja (*frame work*) yang jelas tahapan-tahapannya.

Kerangka kerja ini merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas. Adapun kerangka kerja penelitian yang digunakan sebagai berikut :





Gambar 2.15 Diagram Alur Penelitian