

Analisis Jangkauan Persentase Gangguan Jaringan Transmisi pada Jaringan Saluran Transmisi 150 KV

Rahmat Hidayat. AS¹, Hafsah Nirwana², Rizal Ahdiyut Duyo³

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

e-mail: rahmattall198@gmail.com¹, hafsaahnirwana@gmail.com², rizalduyo@poliupg.ac.id³

Electric power is a resource that contributes to technological progress. The purpose of this study is to explain the selectivity of working level of the impedance relay. Evaluating and analyzing a protection system on a 150 KV network using an impedance relay and Discussing calculation of the impedance setting of the impedance relay. The method used on this research is conducting research and data collection of PT. PLN (Persero) in Makassar, [ACSR: Aluminum Cable Steel Reinforced], The reliability of this impedance relay or distance relay is very good for protecting the existing system because the relay protection is divided into three levels/protection zones I, II, and III, namely from level. Protection zone I. could reach 80-90% of the fault location. Transmission network between two substations. At level/zone II it can detect 20%-50% of fault locations in the next substation transmission network and level/zone III can cover 50%-25% of disturbances in the next substation transmission network. So the possibility of failure of this relay protection is very small.

Keyword—Network, Transmition, Substation, ACSR, Relay,

Tenaga listrik merupakan sumber daya yang ikut andil dalam kemajuan teknologi. Tujuan penelitian ini adalah, menjelaskan selektivitas tingkat kerja dari relay impedansi. Mengevaluasi dan menganalisa sistem proteksi pada jaringan 150 KV yang menggunakan relay impedansi dan Membahas perhitungan penyetelan impedansi (*setting*) dari relay impedansi. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data PT. PLN (Persero) di Makassar, [ACSR : Aluminium Cable Steel Reinforced], Keandalan rele impedansi atau rele jarak ini sangat baik untuk melindungi sistem yang ada karena perlindungan rele ini dibagi atas tiga tingkat/zone proteksi, yakni dari tingkat I, II dan III. Zone proteksi I. dapat menjangkau 80-90 % lokasi gangguan. Jaringan transmisi antar dua gardu induk. Pada tingkat/zone II dapat mendeteksi 20%-50% lokasi gangguan pada jaringan transmisi gardu induk berikutnya dan tingkat/zone III dapat menjangkau 50%-25% gangguan pada jaringan transmisi gardu induk berikutnya. Jadi kemungkinan akan kegagalan rele proteksi ini sangatlah kecil.

Kata Kunci— Jaringan, Transmisi, Gardu Induk, ACSR, Rele

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik telah menjadi salah satu hal yang sangat penting dalam masyarakat saat ini, dimana hal tersebut disertai dengan perkembangan dan peningkatan jumlah konsumen. Dengan pemikiran ini, sistem kelistrikan harus menyediakan daya yang cukup dan terus menerus dari generator untuk dinikmati konsumen. Oleh karena itu, suatu

sistem kelistrikan harus dirancang dan dikelola dengan baik untuk kelangsungan penyediaan tenaga listrik.

Demi memenuhi kebutuhan listrik masyarakat luas, pemerintah telah berupaya mendirikan beberapa pusat pembangkit listrik di beberapa lokasi di Sulawesi Selatan. Dengan pembangunan Pusat Pembangkit Listrik, juga dibangun jaringan transmisi 150 KV di Sulawesi Selatan untuk mendistribusikan listrik yang dihasilkan.

Karena transmisi dibangun dalam waktu yang lama, kemungkinan terjadinya gangguan juga cukup tinggi, sehingga diperlukan sistem proteksi terhadap peralatan dan jaringan yang ada. Mengingat pentingnya sistem proteksi, maka dipandang perlu untuk memikirkan sistem proteksi pada jaringan transmisi 150 KV gardu induk Bakaru-Tello. Tujuan penelitian ini adalah, menjelaskan selektivitas tingkat kerja dari relay impedansi. Mengevaluasi dan menganalisa sistem proteksi pada jaringan 150 KV yang menggunakan relay impedansi dan membahas perhitungan penyetelan impedansi (*setting*) dari relay impedansi.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan Rancangan Penelitian

Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 3 bulan, mulai dari bulan September 2021 sampai dengan Januari 2022 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian. Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk meliputi G.I Bakaru, G.I Polewali, G.I Parepare, G.I Pangkep, G.I Bosowa dan G.I Tello.

B. Metode Pengumpulan Data

Data Primer adalah data yang diperoleh dari objek yang diteliti oleh orang atau organisasi yang sedang melakukan penelitian terdiri atas Penelitian lapangan (*field research*) yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap obyek penelitian yaitu melaksanakan penelitian dan pendataan pada jaringan transmisi 150 KV gardu induk Bakaru – Tello. *Interview* (wawancara) penulis mengadakan tanya jawab secara langsung kepada pihak-pihak yang memahami permasalahan ini.

Data sekunder adalah data yang sudah di olah terlebih dahulu mencakup penelitian pustaka (*library research*) yaitu penulisan atau pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan-tulisan

dan bahan-bahan kuliah yang telah didapatkan selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berhubungan dengan materi penulisan tugas akhir. (Ts. Mhd. Soeleman, 2020).

C. Analisis Data

Pada saluran kelistrikan, untuk mengisolir bagian yang terkena gangguan digunakan rele proteksi, yang masing-masing mempunyai daerah pengaman tersendiri. Sistem ini lebih dikenal sebagai sistem perlindungan (*protection system*). Dalam sistem penyaluran daya listrik, jika terjadi gangguan maka sensor mengirim sinyal ke rele proteksi untuk memerintahkan pemutus daya (*circuit breaker*) membuka bilamana gangguan tersebut melampaui batas *setting* yang telah ditentukan pada rele proteksi.

Relay proteksi sangat diperlukan pada jaringan proteksi saluran transmisi. Rele proteksi ditinjau dari jenis dan dalam penggunaannya harus memiliki syarat-syarat yang penting dalam pengoperasiannya sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsinya secara maksimal terdiri dari kecepatan kerja, kepekaan (*Sensitive*), Selektifitas, dan Andal (*Reliable*).

Nilai investasi peralatan listrik pada suatu pembangkit listrik dan jaringan transmisi sangat besar sehingga perhatian yang khusus harus diutamakan agar setiap peralatan tidak hanya beroperasi dengan efisien yang optimal, tetapi juga teramankan dari gangguan dan kerusakan yang fatal. Untuk itu *relay* proteksi sangat diperlukan pada jaringan proteksi saluran transmisi. Fungsi dan peranan dari rele proteksi ini antara lain: Memberikan sinyal untuk melepaskan kontak pemutus tenaga/*circuit breaker* dengan tujuan mengisolir gangguan atau kondisi yang tidak normal yakni hubung singkat: Melokalisir daerah yang terganggu untuk mencegah meluasnya pengaruh dan akibat yang timbul bagi peralatan lainnya: Memutuskan hubungan sistem (*tripping*) pada jaringan transmisi yang terganggu dengan cepat guna menjaga stabilitas, kontinuitas, dan pelayanan kerja dari sistem.

III. HASIL

A. Syarat-syarat Umum dari Rele Proteksi

Rele proteksi ditinjau dari jenis dan dalam penggunaannya harus memiliki syarat-syarat yang penting dalam pengoperasiannya sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsinya secara maksimal. Syarat tersebut terdiri dari beberapa hal yakni :

- 1) *Kecepatan Kerja*. Tujuan terpenting dari rele proteksi adalah memisahkan bagian yang terkena gangguan, dari sistem jaringan yang normal dengan cepat (*speed*) agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar. Dan untuk dapat meningkatkan keandalan (*reliable*) operasi dari sistem digunakan proteksi dengan kecepatan kerja yang lebih tinggi dan dipadukan dengan pemutus jaringan kecepatan tinggi. Adakalanya

rele proteksi dikehendaki dengan perlambatan waktu (*time delay*) yang digunakan pada koordinasi proteksi dari beberapa daerah proteksi yang berturut-turut bilamana kondisi sistem memungkinkan adanya perlambatan waktu kerja dari rele tersebut;

- 2) *Kepekaan (Sensitive)*. Rele proteksi yang digunakan harus mampu untuk memberikan respon terhadap gangguan yang timbul dalam sistem yakni dapat bekerja pada awal kejadian gangguan;
- 3) *Selektifitas*. Adalah kemampuan sistem proteksi untuk mengetahui letak terjadinya gangguan, dan memilih pemutus jaringan yang terdekat dari tempat gangguan untuk membuka. jika terjadi gangguan pada titik K, rele-rele proteksi pada CB 1, CB 2, CB 3, merasakan hal tersebut oleh karena arus hubung singkat (*I_{hs}*) mengalir melalui ketiga CB tersebut. Selektifitas dari rele ini akan menentukan bahwa yang mengalami gangguan saja yang harus dipisahkan dari sistem yakni hanya CB 3 saja yang bekerja;
- 4) *Andal (Reliable)*. Keandalan dari sistem proteksi adalah kemampuan suatu rele untuk dapat bekerja dengan baik dan benar pada berbagai kondisi sistem. Keandalan sistem proteksi ini dibagi atas dua unsur yakni: Kemampuan rele yang selalu bekerja dengan baik pada kondisi abnormal (saat terjadi gangguan, dan kemampuan rele untuk tidak bekerja pada kondisi normal;

B. Pemberian Sifat Selektif pada Rele

Untuk pemberian sifat selektif pada rele proteksi yaitu sifat untuk membedakan atau menentukan bagian mana dari sistem yang mengalami gangguan dapat dilakukan dengan dua cara yakni:

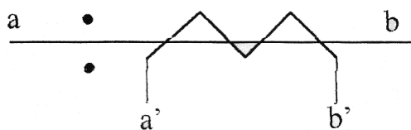
- 1) *Sistem Pilot Relaying*. Kata pilot berarti pada ujung saluran transmisi dipasang saluran informasi yang dapat menyalurkan informasi timbal balik. Prinsip kerja dari rele pilot ini adalah pemberian informasi lewat penghantar-penghantar *suatu* rangkaian telepon sebagai media fisik, sinyal-sinyal frekuensi tinggi yang digandengan pada saluran transmisi daya itu sendiri dari rele ke rele yang lainnya. Alat ini dikenal sebagai PLC atau Power Line Carrier;
- 2) *Sistem Kelambatan Waktu Kerja Rele*. Yaitu dengan memberikan kelambatan waktu kerja yang berlainan bagi setiap rele, sehingga diperoleh koordinasi kerja yang lebih baik antar rele. Jadi untuk mendapatkan selektifitas pada sistem proteksi digunakan kelambatan waktu yang bertingkat (*stepped delay time*);
- 3) *Transduser*. Transduser adalah sebuah alat yang fungsinya tidak berbeda jauh dari transformator daya. Arus dan tegangan yang tinggi saat terjadi gangguan hubung singkat pada jaringan transmisi diubah oleh transduser-transduser seperti transformator arus dan tegangan ke sinyal-sinyal yang lebih rendah untuk

pengoperasian rele. Sinyal-sinyal tingkat rendah ini diperlukan karena ada beberapa alasan, yakni tingkat masukan yang lebih rendah ke rele-rele memastikan bahwa komponen-komponen yang digunakan untuk konstruksi rele secara fisik adalah kecil jadi harganya lebih murah. Dan alasan lainnya adalah petugas yang bekerja dengan rele tersebut dapat bekerja dilindungi yang aman.

C. Transduser

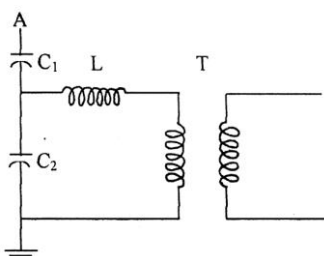
Transduser adalah sebuah alat yang fungsinya tidak berbeda jauh dari transformator daya. Arus dan tegangan yang tinggi saat terjadi gangguan hubung singkat pada jaringan transmisi diubah oleh transduser-transduser seperti transformator arus dan tegangan ke sinyal-sinyal yang lebih rendah untuk pengoperasian rele. Sinyal-sinyal tingkat rendah ini diperlukan karena ada beberapa alasan, yakni tingkat masukan yang lebih rendah ke rele-rele memastikan bahwa komponen-komponen yang digunakan untuk konstruksi rele secara fisik adalah kecil jadi harganya lebih murah. Dan alasan lainnya adalah petugas yang bekerja dengan rele tersebut dapat bekerja dilindungi yang aman.

- 1) *Transformator Arus.* Dalam bentuk skema transformator arus ini dapat dilihat pada gambar 2.4. gulungan primer suatu transformator arus biasanya terdiri dari suatu lilitan tunggal. Lilitan tunggal ini diperoleh dengan memasukkan penghantar primer itu melalui satu atau beberapa jenis teras baja toroid (lilitan primer a dan b). sedangkan lilitan sekudemya yang ditandai dengan a' dan b' merupakan gulungan berlilitan banyak yang digulungkan pada teras toroid tersebut. Rating arus normal untuk sekunder CT telah distandarisasikan pada 5 amper.



Gambar 3.1 Skema hubungan transformator arus pada saluran sistem daya;

- 2) *Transformator Tegangan.* Dalam penggunaan rele biasanya dijumpai dua jenis transformator tegangan. Untuk penggunaan tegangan rendah tertentu (tegangan-tegangan sistem disekitar 12 Kv atau lebih rendah), transformator dengan gulungan primer pada tegangan sistem dengan gulungan sekunder pada 67 V. untuk tegangan-tegangan pada tingkat HV dan EHV, digunakan suatu rangkaian pembagi potensi kapasitansi seperti gambar 3.1



Gambar 3.2 Diagram rangkaian transformator tegangan yang dipadukan dengan Capasitor (CVT) dengan penyetelan induktansi L.

Penyetelan kapasitor untuk mendapatkan tegangan beberapa kilovolt. Tegangan ini diproses lagi oleh transformator untuk mendapatkan tegangan lebih rendah lagi sesuai dengan tingkat tegangan masukan rele proteksi.

D. Power Line Carrier

PLC atau Power Line Carrier adalah salah satu alat bantu untuk dapat memberikan percepatan (transfer time) secara selektif pada peralatan Proteksi Rele Jarak (Distance Relay). Pada dasarnya prinsip kerja dari teleproteksi ini adalah memberikan kontak yang diterinnya dari Distance Relay suatu Gardu Induk (GI) diteruskan ke Gardu Induk lainnya dengan memakai media frekuensi radio yang dihubungkan dengan kawat yang bertegangan tinggi. Fungsi dan Pemanan PLC

Perangkat PLC ini memberikan suatu keputusan terbaik dalam usaha pengamanan sistem jaringan secara maksimal dengan menggunakan sistem transfer time. Transfer time yang dimaksud adalah selisih waktu pada saat sisi Receiver (penerima) menerima instruksi dari sisi Transmitter (pemancar) lawan kira-kira 12-10 milidetik. Instruksinya dikirimkan dengan cara menyilangkan (supressed) suatu standby frekuensi pada saat bersamaan dipancarkan pula suatu frekuensi yang lebih besar sebagai frekuensi Tripping.

E. Kelompok Jenis Rele

Pada sistem-sistem daya didapatkan beraneka ragam rele, kebanyakan dari rele tersebut dapat dikelompokkan kedalam lima kategori. Untuk setiap jenis rele, akan ditentukan keadaan pada sinyal masukannya (biasanya tegangan dan arus) dan keadaan keluaran rele yang bersesuaian. Kelima kelas rele tersebut adalah: Besaran Rele (*magnitude relays*), Rele terarah (*directional Relays*), Rele perbandingan (*ratio relays*); Rele Diferensial (*differensial relays*), Rele pemandu (*pilot relays*).

- 1) *Besaran Rele (Magnitude Relays)*, Dalam bentuknya yang paling umum, rele jenis ini adalah besarnya arus masuk kedalam rele atau rele arus lebih (Overcurrent Relays). Rele ini memberikan reaksi terhadap besarnya arus masukan, dan bekerja untuk memutuskan (trip) CB bilamana besarnya arus melebihi nilai tertentu pada rele tersebut. Jika nilai I_p yang dinyatakan menurut gulungan sekunder CT dapat diperoleh dan studi hubung singkat sistem sedemikian sehingga untuk semua gangguan didalam daerah perlindungan suatu rele besarnya arus gangguan didalam daerah perlindungan suatu rele,

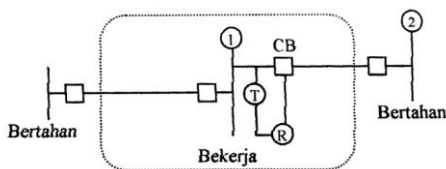
besarnya arus gangguan I_f yang juga dinyatakan menurut gulungan sekunder akan lebih besar daripada I_p , maka gambaran fungsi yang berikut akan memberikan suatu rele yang mantap dan aman :

$I_f > I_{pl} \dots$ bekerja
 $I_f < I_{pl} \dots$ ditahan;

- 2) **Rele Terarah**, Pada beberapa penggunaan, daerah suatu rele meliputi seluruh sistem daya yang terletak hanya pada satu arah saja dan lokasi rele tersebut. Pada gambar 2.6, rele R1 dituntut bekerja untuk gangguan disebelah kin letak rele, dan bertahan (block) untuk semua keadaan (disebelah kanan). Karena semua keadaan impedansi saluran transmisi sebagian besar reaktif, gangguan disebelah kin R1 mempunyai arus yang mengalir dari rel 2 ke rel 1 yang tertinggal terhadap tegangan pada rel 2. Rele inilah yang disebut terarah, karena kerjanya tergantung pada arah arus terhadap tegangannya;
- 3) **Rele Diferensial (Diferensial Relays)**, Rele Diferensial merupakan pengamanan utama pada generator maupun *trafo* untuk gangguan hubung singkat antar fasa dan fasa tanah untuk generator dengan pertanahan langsung. Prinsip kerja proteksi berdasarkan pada prinsip keseimbangan, yaitu membandir yang terp. diproteksi;

- 4) **Rele Perbandingan** tentang pe beberapa f bekerja un tertentu da berasal dar jarak disep antara rel daerah perl panjang sua impedansi yang sama. Keadaan ini dapat dinyatakan dengan mudah sebagai suatu persyaratan pada perbandingan antara tegangan dan arus pada lokasi rele :

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

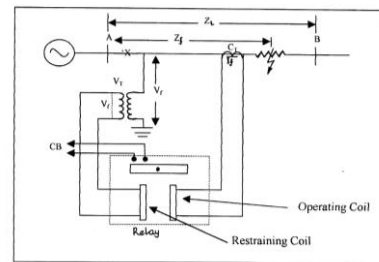


Gambar 3.3 : Karakteristik rele impedansi yang menunjukkan daerah perlindungan;

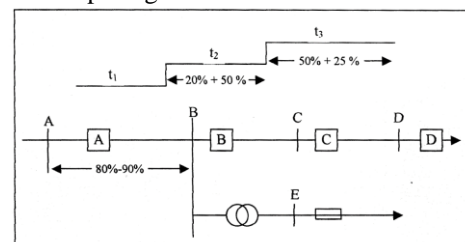
- 5) **Rele Impedansi (Impedansi Relays)**, Rele impedansi adalah rele yang bekerja berdasarkan setting waktu dan jarak lokasi gangguan ke rele proteksi dengan

perbandingan tegangan dan arus gangguan. Rele ini digunakan sebagai alat proteksi pada jaringan transmisi dan dapat digolongkan kedalam rele yang mempunyai dua besaran input. Dimana pengukuran tersebut adalah dengan membandingkan arus gangguan yang dirasakan oleh rele terhadap tegangan dimana rele terpasang sehingga titik tempat terjadinya gangguan dapat diukur. Pada gambar 3.3 diperlihatkan bagaimana besaran arus dan tegangan dibandingkan dengan suatu "Balance Beam Relay". Pada keadaan normal, arus yang mengalir pada "Restraining Coil" (Kumparan penahan) sama besarnya dengan arus yang mengalir pada "Operating Coil" (Kumparan kerja), maka diperoleh suatu kondisi yang seimbang pada rele. Kondisi ini disebut "Balance Beam" (batang dalam keadaan setimbang) dari rele yakni:

$$\frac{V}{I} = \frac{n \cdot I_r \cdot Z_L}{I_r} = n Z_t$$



bar 3.4 Prinsip Kerja Relay Impedansi keadaan yang abnormal, bila suatu gangguan i pada jarak $n Z_L = Z_F$ dari lokasi dimana rele a, tegangan yang timbul dititik gangguan adalah dengan nol sedangkan tegangan di titik rele a adalah Z_L . Tegangan titik rele ini akan habiskan "Restraining Torque" (torsi penahan) lebih kecil dari "Operating Torque" akibatkan "Beam" (batang) menutup kontak dan selanjutnya memberikan perintah trip (Tripping Order) pada pemutus daya (Circuit Breaker). Ketelitian pengukuran impedansi saluran transmisi dengan rele impedansibanyak dipengaruhi oleh ketelitian trafo arus, trafo tegangan serta oleh rele pengamannya sendiri. Dengan mempertimbangkan pengaruh-pengaruh tersebut maka rele impedansi biasanya dibuat atas tiga daerah proteksi seperti yang terlihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Jangkauan daerah proteksi rele impedansi

Daerah proteksi I berfungsi sebagai proteksi utama untuk saluran yang dilindunginya dan karena reaksinya yang cepat sehingga reaksinya tergolong sebagai instantaneuous relay dan daerah proteksi rele ini sejauh 80% - 90% dari panjang saluran dari Gardu Induk.

Dengan menggunakan rumus ;

Perbandingan CT

$$Z_s = Z_p = \frac{\text{perbandingan VT}}{\text{perbandingan CT}} \times Z_L$$

Dimana :

- Z_s = Impedansi sekunder trafo
- Z_p = Impedansi primer trafo
- Z_L = Impedansi line transmisi

Maka impedansi sisi sekunder adalah:

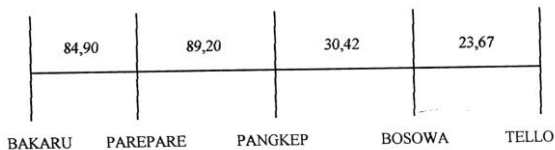
$$\begin{aligned} Z_{S1} &= \frac{80}{120} \times 1363,636 \times (0,11830 + j0,4239) \\ &= 0,059 \times (0,440 \angle 74,40^\circ) \\ &= 0,026 \angle 74,40^\circ \text{ Ohm/Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{S2} &= \frac{120}{160} \times 1363,636 \times (0,11830 + j0,4239) \\ &= 0,088 \times (0,440 \angle 74,40^\circ) \\ &= 0,038 \angle 74,40^\circ \text{ Ohm/Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{S3} &= \frac{160}{1000} \times 1363,636 \times (0,11830 + j0,4239) \\ &= 0,117 \times (0,440 \angle 74,40^\circ) \\ &= 0,050 \angle 74,40^\circ \text{ Ohm/Km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{S4} &= \frac{1000}{1000} \times 1363,636 \times (0,11830 + j0,4239) \\ &= 0,235 \times (0,440 \angle 74,40^\circ) \\ &= 0,103 \angle 74,40^\circ \text{ Ohm/Km} \end{aligned}$$

Besar setting masing-masing daerah proteksi adalah:



Jika ditinjau dari arah G.I Bakaru ke G.I Tello pada penghantar 1 dan besar setting rele impedansi pada G.I Bakaru adalah :

$$\begin{aligned} \text{Daerah I} &= (80 \% \times \text{panjang saluran Bakaru - Parepare}) \times Z_s \\ &= (80 \% \times 84,90) \times 0,038 \\ &= 2,5809 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah II} &= (\text{panjang saluran Bakaru - Parepare} + 50 \% \text{ panjang saluran Pare-pare - Pangkep}) \times Z_s \\ &= (84,9 + (0,5 \times 89,25)) \times 0,038 \\ &= 4,9219 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah III} &= (\text{panjang saluran Bakaru - Parepare} + \text{panjang saluran Parepare - Pangkep} + 25 \% \text{ panjang saluran Pangkep-Bosowa}) \times Z_s \\ &= (84,9 + 89,2 + (0,25 \times 30,42)) \times 0,038 \end{aligned}$$

$$= 6,9047 \text{ Ohm}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah I} &= \text{Besar setting rele impedansi pada G.I Parepare} \\ &= (80 \% \times \text{panjang saluran Parepare - Pangkep}) \times Z_s \\ &= (80 \% \times 89,20) \times 0,038 \\ &= 2,7116 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah II} &= (\text{panjang saluran Parepare - Pangkep} + 50 \% \text{ panjang saluran Pangkep-Bosowa}) \times Z_s \\ &= (89,20 + (0,5 \times 30542)) \times 0,038 \\ &= 3,9675 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah III} &= (\text{panjang saluran Parepare-Pangkep} + \text{panjang saluran Pangkep-Bosowa} + 25 \% \text{ panjang saluran Pangkep-Tello}) \times Z_s \\ &= (89,20 + 30,42 + (0,25 \times 23,67)) \times 0,038 \\ &= 4,7704 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Besar setting rele impedansi pada G.I Pangkep

$$\begin{aligned} \text{Daerah I} &= (80 \% \times \text{panjang saluran Pangkep-Bosowa}) \times Z_s \\ &= (80 \% \times 30,42) \times 0,038 \\ &= 0,9247 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah II} &= (\text{panjang saluran Pangkep-Bosowa} + 50 \% \text{ panjang saluran Bosowa-Tello}) \times Z_s \\ &= (30,42 + (0,5 \times 23,67)) \times 0,038 \\ &= 2,2802 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

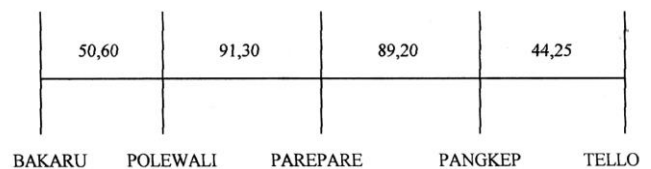
$$\begin{aligned} \text{Daerah III} &= (\text{panjang saluran Pangkep-Bosowa} + 125 \% \text{ panjang saluran Bosowa-Tello}) \times Z_s \\ &= (30,42 + (1,25 \times 23,67)) \times 0,038 \\ &= 2,2802 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Besar setting rele impedansi pada G.I Bosowa

$$\begin{aligned} \text{Daerah I} &= (80 \% \times \text{panjang saluran Bosowa - Tello}) \times Z_s \\ &= (80 \% \times 23,67) \times 0,038 \\ &= 0,7195 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah II} &= 150 \% \text{ panjang saluran Bosowa-Tello} \times Z_s \\ &= (1,5 \times 23,67) \times 0,038 \\ &= 1,3491 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Jika ditinjau dari arah G.I Bakaru ke G.I Tello pada penghantar 2



Besar setting rele impedansi pada G.I Bakaru adalah :

$$\begin{aligned} \text{Daerah I} &= (80 \% \times \text{panjang saluran Bakaru- Polewali}) \times Z_s \\ &= (80 \% \times 50,60) \times 0,038 \\ &= 1,5382 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daerah II} &= (\text{panjang saluran Bakaru - Polewali} + 50 \% \text{ panjang saluran Polewali-Pare-pare}) \times Z_s \\ &= (50,60 + (0,5 \times 91,30)) \times 0,038 \\ &= 3,8309 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Daerah III = (panjang saluran Bakaru - Polewali + panjang saluran Polewali - Parepare + 25 % panjang saluran Parepare-Pangkep) x Zs
 = (50,60 + 91,30 + (0,25 x 89,20)) x 0,038
 = 6,2396 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Polewali

Daerah I = (80 % x panjang saluran Polewali - Parepare) x Zs
 = (80 % x 91,30) x 0,050
 = 3,6520 Ohm

Daerah II = (panjang saluran Polewali - Parepare + 50 % panjang saluran Parepare-Pangkep) x Zs
 = (91,30 + (0,5 x 89,20)) x 0,050
 = 6,7950 Ohm

Daerah III = (panjang saluran Polewali-Parepare + panjang saluran Parepare-Pangkep + 25 % panjang saluran Pangkep-Tello) x Zs
 = (91,30 + 89,20 + (0,25 x 44,25)) x 0,050
 = 9,5781 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Parepare

Daerah I = (80 % x panjang saluran Parepare - Pangkep) x Zs
 = (0,8 x 89,20) x 0,038
 = 2,711 Ohm

Daerah II = (panjang saluran Parepare-Pangkep + 50 % panjang saluran Pangkep-Tello) x Zs
 = (89,20 + (0,5 x 44,25)) x 0,038
 = 4,2303 Ohm

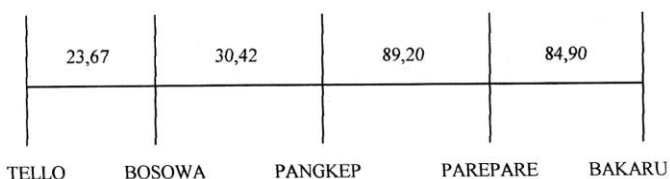
Daerah III = (panjang saluran Parepare-Pangkep + 125 % panjang saluran Pangkep-Tello) x Zs
 = (89,20 + (1,25 x 44,25)) x 0,050
 = 5,4914 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Pangkep

Daerah I = (80 % x panjang saluran Pangkep-Tello) x Zs
 = (80 % x 44,25) x 0,038
 = 1,3452 Ohm

Daerah II = 150 % x panjang saluran Pangkep-Tello) x Zs
 = (1,5 x 44,25)) x 0,038
 = 2,5222 Ohm

Jika ditinjau dari arah G.I Tello ke G.I Bakaru pada penghantar 1



Besar setting rele impedansi pada G.I Tello adalah :

Daerah I = (80 % x panjang saluran Tello - Bosowa) x Zs
 = (80 % x 23,67) x 0,038
 = 0,7195 Ohm

Daerah II = (panjang saluran Tello-Bosowa + 50 % panjang saluran Bosowa-Pangkep) x Zs
 = (23,67 + (0,5 x 30,42)) x 0,038
 = 1,4774 Ohm

Daerah III = (panjang saluran Tello - Bosowa + panjang saluran Bosowa-Pangkep + 25 % panjang saluran Pangkep-Parepare) x Zs
 = (23,67 + 30,42 + (0,25 x 89,20)) x 0,038
 = 2,826 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Bosowa

Daerah I = (80 % x panjang saluran Bosowa - Pangkep) x Zs
 = (0,8 x 30,42) x 0,038
 = 0,9247 Ohm

Daerah II = (panjang saluran Bosowa - Pangkep + 50 % panjang saluran Pangkep-Parepare) x Zs
 = (30,42 + (0,5 x 89,20)) x 0,038
 = 2,8507 Ohm

Daerah III = (panjang saluran Bosowa-Pangkep + panjang saluran Pangkep-Parepare + 25 % panjang saluran Parepare-Bakaru) x Zs
 = (30,42 + 89,20 + (0,25 x 84,90)) x 0,038
 = 5,3521 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Pangkep

Daerah I = (80 % x panjang saluran Pangkep - Parepare) x Zs
 = (0,8 x 89,20) x 0,038
 = 2,7116 Ohm

Daerah II = (panjang saluran Pangkep-Parepare + 50 % panjang saluran Parepare -Bakaru) x Zs
 = (89,20 + (0,5 x 84,90)) x 0,038
 = 5,0027 Ohm

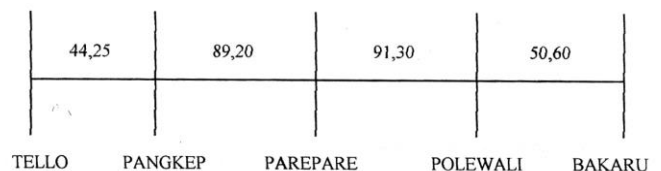
Daerah III = (panjang saluran Pangkep-Parepare + 125 % panjang saluran Parepare-Bakaru) x Zs
 = (89,20 + (1,25 x 84,90)) x 0,038
 = 7,4223 Ohm

Besar setting rele impedansi pada G.I Parepare

Daerah I = (80 % x panjang saluran Parepare-Bakaru) x Zs
 = (0,8 x 84,90) x 0,038
 = 2,5809 Ohm

Daerah II = 150 % x panjang saluran Parepare-Bakaru) x Zs
 = (1,5 x 84,90)) x 0,038
 = 4,8393 Ohm

Jika ditinjau dari arah G.I Tello ke G.I Bakaru pada penghantar 2



Besar *setting* rele impedansi pada G.I Telio adalah :

Daerah I = $(80 \% \times \text{panjang saluran Tello - Pangkep}) \times Z_s$
 $= (0,8 \times 44,25) \times 0,038$
 $= 1,3452 \text{ Ohm}$

Daerah II = $(\text{panjang saluran Tello-Pangkep} + 50 \% \text{ panjang saluran Pangkep-Parepare}) \times Z_s$
 $= (44,25 + (0,5 \times 89,20)) \times 0,038$
 $= 3,3763 \text{ Ohm}$

Daerah III = $(\text{panjang saluran Tello - Pangkep} + \text{panjang saluran Pangkep - Parepare} + 25 \% \text{ panjang saluran Parepare-Polewali}) \times Z_s$
 $= (42,25 + 89,20 + (0,25 \times 91,30)) \times 0,038$
 $= 5,9384 \text{ Ohm}$

Besar *setting* rele impedansi pada G.I Pangkep

Daerah I = $(80 \% \times \text{panjang saluran Pangkep-Parepare}) \times Z_s$
 $= (0,8 \times 89,20) \times 0,038$
 $= 2,7116 \text{ Ohm}$

Daerah II = $(\text{panjang saluran Pangkep-Parepare} + 50 \% \text{ panjang saluran Parepare-Polewali}) \times Z_s$
 $= (89,20 + (0,5 \times 91,30)) \times 0,038$
 $= 5,1243 \text{ Ohm}$

Daerah III = $(\text{panjang saluran Pangkep-Parepare} + \text{panjang saluran Parepare -Polewali} + 25 \% \text{ panjang saluran Polewali-Bakaru}) \times Z_s$
 $= (89,20 + 91,30 + (0,25 \times 50,60)) \times 0,038$
 $= 7,3397 \text{ Ohm}$

Besar *setting* rele impedansi pada G.I Polewali

Daerah I = $(80 \% \times \text{panjang saluran Parepare-Polewali}) \times Z_s$
 $= (0,8 \times 91,30) \times 0,038$
 $= 2,7755 \text{ Ohm}$

Daerah II = $(\text{panjang saluran Parepare-Polewali} + 50 \% \text{ panjang saluran Polewali-Bakaru}) \times Z_s$
 $= (91,30 + (0,5 \times 50,60)) \times 0,038$
 $= 4,4308 \text{ Ohm}$

Daerah III = $(\text{panjang saluran Parepare-Polewali} + 125 \% \text{ panjang saluran Polewali-Bakaru}) \times Z_s$
 $= (91,30 + (1,25 \times 50,60)) \times 0,038$
 $= 5,8729 \text{ Ohm}$

Besar *setting* rele impedansi pada G.I Polewali

Daerah I = $(80 \% \times \text{panjang saluran Polewali-Bakaru}) \times Z_s$
 $= (0,8 \times 50,60) \times 0,050$
 $= 2,024 \text{ Ohm}$

Daerah II = $(150 \% \times \text{panjang saluran Polewali-Bakaru}) \times Z_s$
 $= (1,5 \times 50,60) \times 0,050$
 $= 3,795 \text{ Ohm}$

Penyetelan Waktu Kerja

Untuk *zone* 1 (T1) : tanpa perlambatan waktu

Untuk *zone* 2 (T2) : *setting* waktu 0,2 detik

Untuk *zone* 3 (T3) : *setting* waktu 0,4 detik

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan pada tugas akhir ini adalah *setting* rele diperlukan data impedansi saluran, perbandingan trafo arus dan tegangan, *setting* impedansi rele pada jaringan transmisi 150 kV GI Bakaru - GI Tello berdasarkan jarak titik gangguan dengan letak jarak saluran rele tipe ACSR 240 Persentase cakupan gangguan adalah Zona I. Dapat mencapai 80-90% dari lokasi kesalahan. Jaringan transmisi antara dua gardu induk. Pada Level/Zona II dapat mendeteksi 20% hingga 50% lokasi gangguan pada sistem transmisi gardu induk berikutnya, dan Level/Zona III dapat menutupi 50% hingga 25% gangguan pada sistem transmisi gardu induk berikutnya. Oleh karena itu, kemungkinan kegagalan relai proteksi ini sangat kecil.

REFERENSI

- [1] Asi, Sunggono. 2020. Buku Pegangan Kerja Menangani Teknik Tenaga Listrik. Jakarta: CV. Aneka.
- [2] Eugene C. Lister, 2020. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Fitzgerald, A.E dkk. 2020. *Dasar-Dasar Elektro Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- [4] Kadir, Abdul. 2020. *Pembangkit Tenaga Listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia,
- [5] Lister, Eugene. 2012. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [6] Mason, C. Russel, 2005, *The Art and Science Of Protective Relaying*, John Wiley And Sons, inc., New York
- [7] Stevenson.Jr, William D. 2020. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [8] Warrington, A.R.C. Van, 1978, *Vol. 2 and 3, Protective Relays*, Chapman and Hall, London.
- [9] Zuhail, 1988. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia.