

EVALUASI SETTING RELE JARAK (*DISTANCE RELAY*) PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 150 kV ANTARA GARDU INDUK SIDERA-GARDU INDUK TIPO

Martho Pamula¹⁾, Sangbua Dinsol Pirade²⁾, Yulius Salu Pirade³⁾, Nurhani Amin⁴⁾

^{1,2)} Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Tadulako,

^{3,4)} Dosen Teknik Elektro Universitas Tadulako

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

E-mail : ys67.pirade@gmail.com, nhanie.lieben@ymail.com

Abstract

Overhead line high voltage (SUTT) or commonly called a transmission network or transmission line has very important role in the process of distribution of electrical from power plants to load centers continuously. However, overhead line is one component in the system which is often fault. To avoid damages and greater losses, it has used the distance which is as the primary protection in securing the transmission network or transmission line. In this research, it discussed about one phase-neutral short circuit that happens on line transmission connected to Sidera-Tipo substation by calculating the current fault and operating time of distance relay using the software of ETAP (electric transient analysis program) 12.6.0. The results of this research showed that the largest current fault occur on the type of one phase-neutral short circuit distance of 20% is 2069,50 A, and the other one of the largest current fault occur on the type one phase-neutral short circuit distance of 100% is 1753,98 A, and result determining setting of distance relay for zone-1 value $z_{setting-1}$ is 17,566 Ω .

Keywords: One Phase-Neutral Short Circuit, Distance Relay, Protection, Transmission Line

I. PENDAHULUAN

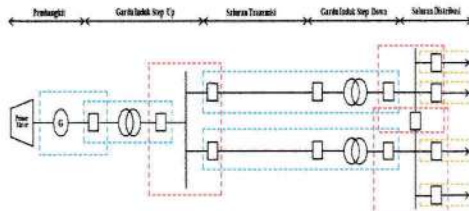
Hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu arus hubung singkat antara kawat fasa ke tanah maupun arus hubung singkat antara kawat yang berbeda fasanya. Saat gangguan terjadi, arus yang mengalir pada saluran transmisi yang menuju pusat gangguan sangat besar, sehingga akan mempengaruhi kestabilan dari keseluruhan sistem, untuk itu peralatan proteksi diharapkan mampu mendeteksi dan dapat memisahkan daerah yang terganggu dan daerah yang tidak terganggu, sehingga konsumen dapat mendapatkan energi listrik

secara kontinyu pada daerah yang tidak terganggu. Dalam sistem proteksi saluran transmisi, rele yang digunakan untuk mengatasi gangguan adalah rele jarak, rele arus hubung singkat, rele arus lebih, rele diferensial, rele hubung tanah, dan kawattanah. Saat ini di kota palu masih kekurangan pasokan listrik, ini terlihat dengan masih adanya pemadaman listrik. Sistem proteksi tenaga listrik merupakan sistem pengamanan pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, busbar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal operasi sistem tenaga listrik tersebut. Fungsi sistem proteksi tenaga listrik yaitu :

1. Memutuskan dan memisahkan hubungan sistem (*tripping*) pada jaringan transmisi yang terganggu dan tidak terganggu dengan cepat, guna menjaga stabilitas, kontinuitas, pelayanan kerja dari sistem.
2. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
3. Mempersempit daerah yang tidak terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
4. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik akibat gangguan.
5. Mengisolasi area atau sistem yang terganggu secepat mungkin dan sekecil mungkin. Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
6. Memaksimalkan ketersediaan listrik untuk konsumen.

Untuk membatasi luasnya sistem tenaga listrik yang terputus saat terjadi gangguan, maka sistem proteksi dibagi dalam zona-zona

gangguan. Sistem proteksi yang andal adalah rele yang digunakan harus bekerja sesuai dengan zona settingnya dan mampu mengamankan zonanya masing-masing. Sistem proteksi ditinjau dari jenis dan dalam penggunaannya harus memiliki syarat-syarat yang penting dalam pengoperasiannya sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsinya secara maksimal.



Gambar 1. Zona Proteksi.

Rele jarak (*distance relay*) merupakan salah satu jenis rele proteksi yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyetelannya yang *relative* mudah. Pada prinsipnya rele jarak (*distance relay*) adalah mengukur nilai arus dan nilai tegangan pada suatu titik tertentu sehingga diperoleh nilai impedansinya, kemudian membandingkannya dengan nilai nilai setting impedansi tertentu dari rele jarak (*distance relay*) tersebut untuk menentukan apakah rele bekerja atau tidak. Pada SUTT terganggu, maka rele jarak (*distance relay*) akan melihat turunnya impedansi dari SUTT, kemudian rele jarak (*distance relay*) pun akan bekerja.[2]



Gambar 2. Rele Jarak (*Distance Relay*).

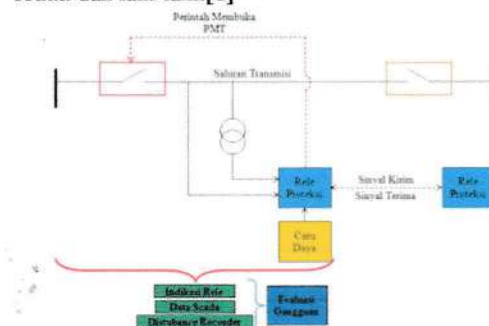
Sumber : Gardu Induk Sidera.

Rele jarak (*distance relay*) akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan setting impedansi pada rele jarak (*distance relay*), dengan ketentuan :

1. Jika nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada setting impedansi rele jarak (*distance relay*), maka rele jarak (*distance relay*) akan bekerja.
2. Jika nilai impedansi gangguan lebih besar atau sama dengan setting impedansi rele jarak

(*distance relay*), maka rele jarak (*distance relay*) tidak akan bekerja.

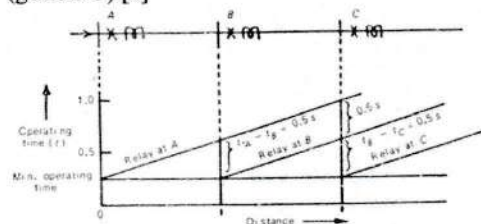
Contoh sederhana sistem proteksi untuk jaringan seperti ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini dimana PMT berfungsi untuk memisahkan / menghubungkan satu bagian jaringan dengan bagian yang lain, baik jaringan dalam keadaan normal maupun dalam keadaan terganggu. Bagian-bagian jaringan tersebut dapat terdiri dari satu PMT atau lebih. Dalam usaha meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik, kebutuhan sistem proteksi terdiri dari peralatan CT, PT, Rele Proteksi, PMT, Catu daya. Disamping itu diperlukan juga peralatan pendukung untuk kemudahan operasi dan evaluasi terhadap gangguan seperti sistem *recorder*, sistem *scada* dan lain-lain.[6]



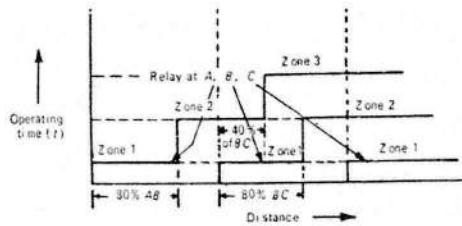
Gambar 3. Blok Diagram Rele Jarak (*Distance Relay*).

Sumber : Materi Pusat Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero).

Tingkat-tingkat waktu kerja diantara beberapa rele (*time grading*) diperlukan agar rele jarak dapat memberikan *backup protection*. *Time grading* dapat dicapai dengan metode *distance-time* (gambar 4), dimana jika semakin dekat jarak gangguan atau hubung singkat dengan jarak rele maka waktu kerjanya semakin cepat atau bahkan tidak ada perlambatan waktu, sebaliknya jika semakin jauh titik gangguan dengan rele maka waktu kerjanya semakin lama. Metode *definite-distance*, dimana sepanjang jarak jangkauan proteksi, waktu kerja rele tetap dan dari jarak jangkau yang satu menyambung ke jarak jangkau zona, kemudian naik secara bertingkat. (gambar 5).[2]

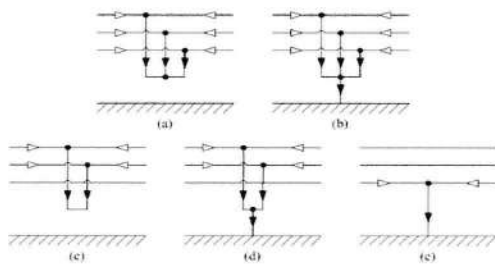


Gambar 4. Metode *distance-time*.



Gambar 5. Metode *definitif-time*.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung melalui media (resistor/beban) yang tidak semestinya, sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan salah satu jenis gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, baik itu hubung singkat antara kawat fasa ketanah maupun hubung singkat antara kawat yang berbeda fasanya. Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan yang di timbulkan akibat dari arus hubung singkat, maka hubungan kelistrikan pada daerah yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB). [7]



Gambar 6. Gangguan Hubung Singkat (a) HS. 3 Fasa, (b) HS. 3 Fasa-N, (c) HS. 2 Fasa, (d) HS. 2 Fasa-N, (e) HS. 1 Fasa-N.

Ada beberapa macam gangguan, diantaranya yaitu :

a. Gangguan Berdasarkan Lamanya Gangguan

1. Gangguan Permanen

Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan sehingga gangguan tersebut baru hilang setelah kerusakan tersebut diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen. Contoh gangguan tersebut adalah gangguan hubung singkat, belitan trafo, tembus isolasi dan adanya kawat yang putus.

2. Gangguan Temporer

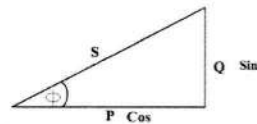
Merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu singkat saja dimana kemudian sistem kembali dalam keadaan normal.

b. Gangguan Berdasarkan Analisa Hubung Singkat Adalah :

1. Simetri atau seimbang, gangguannya terdiri dari :
 - a) Tiga fasa (3ϕ)
 - b) Tiga fasa ketanah ($3\phi-N$)
2. Tidak simetri atau tak seimbang, gangguannya terdiri dari :
 - a) Dua fasa (2ϕ) tanpa tanah
 - b) Dua fasa ketanah ($2\phi-N$)
 - c) Satu fasa ketanah ($1\phi-N$)

II. METODE PENELITIAN

Sebelum menghitung arus hubung singkat pada sebuah sistem tenaga listrik, perlu diketahui daya (P), arus yang mengalir pada saluran transmisi (I), impedansi saluran dengan panjang sebenarnya (Z), tegangan sisi primer (V_p) dan tegangan sisi sekunder (V_s). Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung nilai-nilai tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Segitiga Daya.

$$P = S \times \cos \phi \dots \dots \dots (1)$$

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \dots \dots \dots (2)$$

$$Z = \frac{(R + jX) \times l}{\text{Nilai Dasar}} \dots \dots \dots (3)$$

Perhitungan arus hubung singkat pada sebuah sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut :

a. Menghitung besar impedansi sumbu (Z_s).

$$Z_{\text{sumber}} = \frac{\text{tegangan dasar}^2 (\text{kV})^2}{\text{daya dasar (MVA)}} \dots \dots \dots (4)$$

b. Menghitung impedansi trafo tenaga (Z_T).

Impedansi urutan positif=negatif ($X_{T1}=X_{T2}$)

$$Z_T = \frac{\text{tegangan dasar}^2 (\text{kV})^2}{\text{daya dasar (MVA)}} \times X_{e\%} (\text{reaktansi trafo}). (5)$$

Impedansi urutan nol (X_{T0})

Impedansi urutan nol ini didapat dengan memperhatikan data trafo tenaga itu sendiri yaitu dengan melihat kapasitas belitan delta yang ada dalam trafo itu:

1. Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Δ/Y dimana kapasitas belitan delta sama besar dengan kapasitas belitan Y, maka:

$$Z_{T0} = Z_{T1} \dots \dots \dots (6)$$

2. Untuk trafo tenaga dengan belitan Yyd dimana kapasitas belitan delta (d) biasanya sepertiga dari kapasitas belitan Y (belitan yang dipakai untuk menyalurkan daya, sedangkan belitan delta tetap ada di dalam tetapi tidak dikeluarkan kecuali satu terminal delta untuk ditanahkan), maka:

$$Z_{T0} = 3X_{T1} \dots\dots\dots (7)$$

3. Untuk trafo tenaga dengan hubungan Yy dan tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besarnya X_{T0} berkisar antara 9 s/d 14 X_{T1} .

$$Z_{T0} = 10Z_{T1} \dots\dots\dots (8)$$

- c. Menghitung impedansi saluran transmisi.

Impedansi saluran transmisi dihitung tergantung dari besarnya impedansi per kilometer saluran transmisi yang digunakan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang digunakan untuk jaringan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau jenis konduktor untuk jaringan transmisi. Berikut persamaan yang digunakan :

$$Z = \frac{(R+jX)\Omega}{\text{km}} \times \text{panjang saluran sebenarnya (l)} \dots\dots (9)$$

- d. Mengitung impedansi ekivalen jaringan.

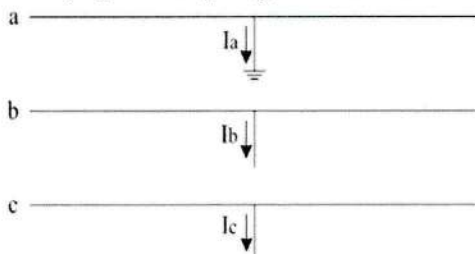
Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{S1} + Z_{T1} + Z_1 \text{ saluran transmisi} \dots\dots\dots (10)$$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_0 \text{ saluran transmisi} \dots\dots\dots (11)$$

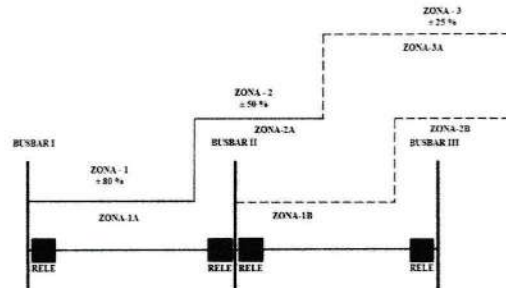
Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 8. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah.

$$I_{\text{satu fasa ketanah}} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \dots\dots\dots (12)$$

Rele jarak (*distance relay*) merupakan sistem proteksi yang paling utama pada saluran transmisi. Prinsip kerja rele jarak yaitu mengukur impedansi (Z) transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu zona -1, zona-2, zona-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya.

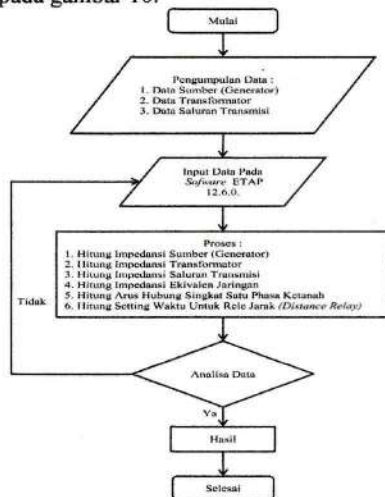


Gambar 9. Daerah pengaman rele jarak (*distance relay*).

Dalam perancangan dan analisa sebuah sistem tenaga listrik, sebuah *software* sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi real sebelum sebuah sistem direalisasikan. *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0.* merupakan salah satu *software* aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik. *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0.* mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, dan online untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Analisa sistem tenaga listrik yang dapat dilakukan *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0.* antara lain : analisa aliran daya, analisa hubung singkat, starting motor, koordinasi rele proteksi, analisa kestabilan transien, dan lain-lain. Dalam menganalisa sistem tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor.

Adapun diagram alir (flowchart) penelitian ini tersaji pada gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir (flowchart).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Sumber (Generator)

Tabel 1. Data Sumber (Generator) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso Energy.

Lokasi	Generator	Kapasitas Daya (MVA)	Tegangan Output (kV)
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso Energy	3	72,22	11
		72,22	11
		72,22	11

Sumber : Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Poso Energy.

Data Transformator

Tabel 2. Data Transformator Dari Beberapa Saluran Transmisi.

Lokasi	Jumlah Trafo	Kapasitas Daya (MVA)	Tegangan Operasi Primer / Sekunder (kV)	Impedansi Trafo (%)	Substansi Belitan	Sistem Penanahan
GI Pamona	1	10	150/20	11,99	YNyn0	NGR
GI Poso	1	30	150/20	12,48	YNyn0	NGR
GI Sidera	1	30	150/20	12,338	YNyn0	NGR
GI Tipo	1	30	150/20	12,468	YNyn0	NGR
	1	60	150/22	12,663	YNyn0	NGR

*Nilai NGR adalah 40 Ω.

Data Saluran Transmisi

Tabel 3. Data Saluran Transmisi Yang Menghubungkan GI Pamona-GI Poso.

Gardu Induk Pamona-Gardu Induk Poso		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 2 x 240	-
Kapasitas Pembawa Arus (CCC)	2 x 600	A
Panjang Saluran	43,45	Kilometer
Ratio CT	800/1	-
Ratio PT	150.000/100	-
Impedansi Urutan Positif (Z_1)	$0,0592 + j 0,1939$	Ω / km
Impedansi Urutan Negatif (Z_2)	$0,0592 + j 0,1939$	Ω / km
Impedansi Urutan Nol (Z_0)	$0,155 + j 0,3587$	Ω / km

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 4. Data Saluran Transmisi Yang Menghubungkan GI Poso-GI Sidera.

Gardu Induk Poso-Gardu Induk Sidera		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 2 x 240	-
Kapasitas Pembawa Arus (CCC)	2 x 600	A
Panjang Saluran	141,6	Kilometer
Ratio CT	800/1	-
Ratio PT	150.000/100	-
Impedansi Urutan Positif (Z_1)	$0,0592 + j 0,1939$	Ω / km
Impedansi Urutan Negatif (Z_2)	$0,0592 + j 0,1939$	Ω / km
Impedansi Urutan Nol (Z_0)	$0,155 + j 0,3587$	Ω / km

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 5. Data Saluran Transmisi Yang Menghubungkan GI Sidera-GI Tipo.

Gardu Induk Sidera-Gardu Induk Tipo		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 1 x 240	-
Kapasitas Pembawa Arus (CCC)	600	A
Panjang Saluran	28,88	Kilometer
Ratio CT	800/1	-
Ratio PT	150.000/100	-
Impedansi Urutan Positif (Z_1)	$0,118 + j 0,388$	Ω / km
Impedansi Urutan Negatif (Z_2)	$0,118 + j 0,388$	Ω / km
Impedansi Urutan Nol (Z_0)	$0,30 + j 0,717$	Ω / km

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Jenis Rele Yang Digunakan

Tabel 6. Data Jenis Rele Jarak (Distance Relay) Yang Digunakan Pada GI Pamona Dan GI Poso.

Rele Jarak (Distance Relay)		
Item	Gardu Induk	
	Pamona	Poso
Merek	NARI	ABB
Type	PCS902	REL650
Proteksi	Poso	Sidera
Karakteristik	Quadrilateral	Quadrilateral
Pola Pengaman	PUTT	PUTT

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 7. Data Jenis Rele Jarak (*Distance Relay*) Yang Digunakan Pada GI Poso Dan GI Sidera.

Rele Jarak (<i>Distance Relay</i>)		
Item	Gardu Induk	
	Poso	Sidera
Merek	ABB	MICOM ALSTOM
Type	REL650	P443
Proteksi	Sidera	Tipo
Karakteristik	Quadrilateral	Quadrilateral
Pola Pengaman	PUTT	PUTT

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 8. Data Jenis Rele Jarak (*Distance Relay*) Yang Digunakan Pada GI Sidera Dan GI Tipo.

Rele Jarak (<i>Distance Relay</i>)		
Item	Gardu Induk	
	Sidera	Tipo
Merek	MICOM ALSTOM	ABB
Type	P443	REL670
Proteksi	Tipo	Pasang kayu
Karakteristik	Quadrilateral	Quadrilateral
Pola Pengaman	PUTT	PUTT

Sumber : Transmisi Dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Perhitungan Arus dan Impedansi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah

Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa kitanah pada saluran transmisi antara gardu induk sidera-gardu induk tipo dan persamaan yang digunakan adalah persamaan (12). Berikut perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa kitanah pada saluran transmisi antara gardu induk sidera-gardu induk tipo:

Tabel 9. Hasil Analisa Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah.

Jarak Gangguan (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah (A)
	GI Sidera-GI Tipo
20	2069,50
40	1989,56
60	1909,38
80	1830,63
100	1753,98

Tabel 10. Hasil Analisa Perhitungan Impedansi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Kitanah

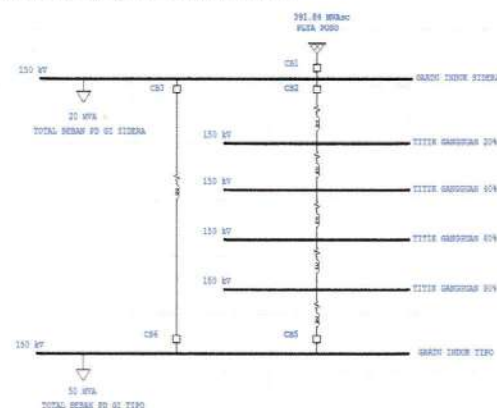
Jarak Gangguan (%)	Impedansi Gangguan Satu Fasa Kitanah (Ω)
	GI Sidera-GI Tipo
20	72,48
40	75,39
60	78,55
80	81,93
100	85,51

Tabel 11. Hasil Analisa Perhitungan Nilai Setting Rele Jarak (*Distance Relay*).

Lokasi Setting	Zona 1 (Ω)		Zona 2 (Ω)		Zona 3 (Ω)	
	Z1 _A	Z1 _B	Z2 _A	Z2 _B	Z3 _A	Z3 _B
GI Sidera - GI Tipo	17,566	33,836	31,618	60,904	-	-
Waktu Setting (s)	0		0,4		0,8	

Perhitungan Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Fault*) dan Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) Antara Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Tipo Menggunakan Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat (*short circuit fault*) pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV antara gardu induk sidera-gardu induk tipo yaitu membuat *single line diagram* dari pusat pembangkit sampai ke gardu induk tipo seperti dibawah ini :



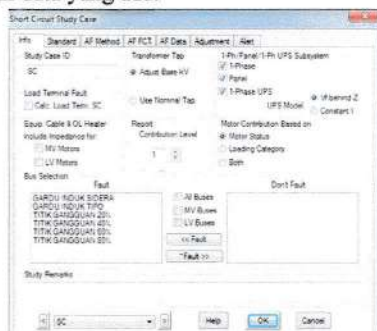
Gambar 11. *Single line diagram* sistem sulteng pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

Short Circuit Study Case

Short Circuit Study Case (SCSC) menganalisa gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, antar fasa dan dua fasa ke tanah pada sistem tenaga listrik. Program *Short-Circuit* dibuat

Pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0. menggunakan standar ANSI/IEEE (seri C37) dan IEC (IEC 909 dan lainnya) dalam menganalisa gangguan hubung singkat yang bisa dipilih sesuai dengan keperluan. Untuk memulai *short-circuit* Analisis maka *single line diagram* (SLD) sistem tenaga listrik digambarkan terlebih dahulu dengan memperhatikan data yang akan diinput seperti pada gambar dibawah ini :

Metode arus gangguan hubung singkat : isi sesuai dengan data sesuai dengan petunjuk gambar dibawah ini. Klik info kemudian isi data sesuai dengan data yang ada.



Gambar 12. Data *Short Circuit Study Case* Pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

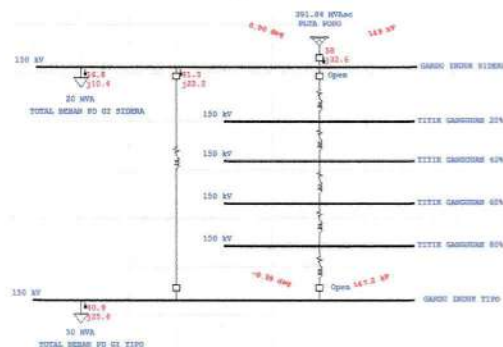
Selanjutnya klik standard kemudian isi data sesuai dengan data yang ada.



Gambar 13. Data *Short Circuit Study Case* Pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

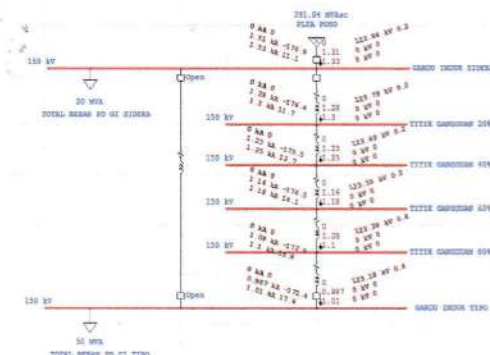
Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

Metode aliran daya



Gambar 14. Hasil Simulasi *Load Flow Study Case* Pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

Metode arus gangguan hubung singkat



Gambar 15. Hasil Simulasi *Load Flow Study Case* Pada Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

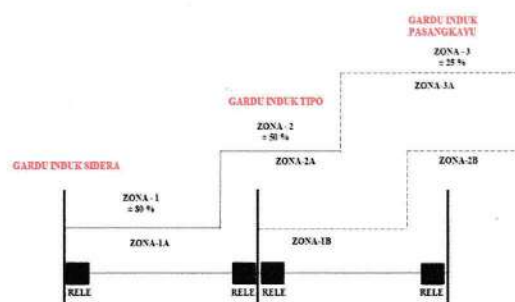
Analisa Gangguan Hubung Singkat

Pada gardu induk sidera-gardu induk tipo, terlihat arus hubung singkat terbesar terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak gangguan 20% dari panjang saluran sebesar 2069,50 A dan terlihat arus hubung singkat terkecil terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak gangguan 100% dari panjang saluran sebesar 1753,98 A. Berikut grafik perbandingan arus gangguan terhadap titik lokasi gangguan :



Gambar 16. Grafik Perbandingan Jarak Gangguan Terhadap Arus Gangguan Satu Fasa Ketanah.

Analisa Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Berdasarkan Perhitungan Gangguan Hubung Singkat.



Gambar 17. Jangkauan Zona Proteksi Rele Jarak (*Distance Relay*) Pada GI Sidera-GI Tipo.

Berdasarkan hasil perhitungan gangguan hubung singkat, setting rele jarak (*distance relay*) pada gardu induk sidera-gardu induk tipo, dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 12. Hasil Perbandingan $Z_{setting}$ dengan $Z_{gangguan}$ Pada GI Sidera-GI Tipo.

Gardu Induk Sidera-Gardu Induk Tipo					
Lokasi Gangguan (%)	Jenis Gangguan	Z_f (Ω)	$Z_{setting}$ (Ω)	Ket.	Zone Operate
20	Satu Fasa Ke Tanah	72,48	93,56	Operate	Zona-1 _A
40	Satu Fasa Ke Tanah	75,39	93,56	Operate	Zona-1 _A
60	Satu Fasa Ke Tanah	78,55	93,56	Operate	Zona-1 _A
80	Satu Fasa Ke Tanah	81,93	93,56	Operate	Zona-1 _A
100	Satu Fasa Ke Tanah	85,51	114,04	Operate	Zona-2 _A

Perbandingan Hasil Perhitungan Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Dengan Data Dilapangan.

Tabel 13. Perbandingan Hasil Perhitungan Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Dengan Data Dilapangan.

Lokasi Setting	Zona Proteksi	Data Hasil Perhitungan (Ω)		Data Terpasang di Lapangan (Ω)	
		Z-A	Z-B	Z-A	Z-B
GI Sidera-GI Tipo	Zona 1	17,566	33,836	19,356	45,440
	Zona 2	31,618	60,904	43,056	62,069
	Zona 3	-	-	-	-

Perbandingan Hasil Perhitungan Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Dengan Data PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)12.6.0.

Tabel 14. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual Dengan Data PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)12.6.0.

Jarak Gangguan (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah (A)	Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah (A) (Data PT.PLN)	Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah (A) (Data ETAP)
	GI Sidera-GI Tipo	GI Sidera-GI Tipo	GI Sidera-GI Tipo
20	2069,50	1629,52	1630
40	1989,56	1605,58	1610
60	1909,38	1579,55	1580
80	1830,63	1540,65	1550
100	1753,98	1510	1510



Gambar 18. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Manual Dengan Data PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)12.6.0.

Pada gambar 18. menunjukkan perbandingan hasil perhitungan manual nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan data PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan

hasil simulasi *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* 12.6.0. Jika dilihat dari hasil perhitungan manual nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan data PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan hasil simulasi *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* 12.6.0., perhitungan manual lebih besar dari pada data yang dimiliki oleh PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan hasil simulasi *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* 12.6.0., karena kami mengabaikan nilai rugi-rugi saluran transmisi dimana nilai yang dimiliki rugi-rugi PT. PLN. Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa yaitu 2%-3%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak lokasi gangguan 20% sebesar 2069,50 A, dan arus gangguan hubung singkat terkecil terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak lokasi gangguan 100% sebesar 1753,98 A. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa jarak berpengaruh terhadap gangguan hubung singkat, baik gangguan satu fasa ketanah, dan dengan adanya perhitungan hasil setting rele jarak (*distance relay*), maka untuk zona 1 nilai $Z_{Setting-1}$ yaitu 17,566 Ω dan nilai $Z_{Setting-0}$ yaitu 33,836 Ω , sedangkan untuk zona 2 nilai $Z_{Setting-1}$ yaitu 31,618 Ω dan nilai $Z_{Setting-0}$ yaitu 60,904 Ω .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adrianus Tendeng dan Yulius, S.P., 1995, "*Evaluasi Sistem Proteksi Jaringan Tegangan 150 KV Tello-Bakaru*", Program Teknik Tenaga Listrik, Fakultas Teknik, Jurusan Elektro Teknik, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- [2] B.Ravindranath dan M. Chander., 1997, "*Power System Protection and Switchgear*".
- [3] C.Russell Mason., 1956, "*The Art and Science of Protective Relaying*".
- [4] Junaptha, Adrianto. S., 2015, "*Analisis Gangguan Hubung Singkat Untuk Setting Distance Relay Pada SUTT 150 KV Antara GI Pamona-GI Sidera*", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu.
- [5] Nopransi, S., 2011, "*Koordinasi Setting Relay Jarak pada Transmisi 150 KV PLTU 2 SULUT 2x 25 MW*", Jurusan Teknik Elektro-FT, Universitas Samratulangi, Manado.
- [6] PT. PLN (persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan "Monitoring Peralatan Gardu Induk dan Sistem Pelapora, Halaman 285-329.
- [7] Stevenson, William D., 1996, "*Analisis Sistem Tenaga Listrik*", Edisi 4, Terjemahan Kamal Idris, Jakarta : Erlangga.
- [8] Tanzil, R.A., 2011, "*Scanning Dan Resetting Distance Relay Pada Penghantar 150 KV Kudus Arah Jekulo*", Media ElektriKA, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Semarang, Vol. 4 No.2.