

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT UNTUK *SETTING DISTANCE RELAY* PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 70 kV ANTARA GARDU INDUK SIDERA – GARDU INDUK TALISE

Barthin Tandililing¹⁾, Aprilius Petingko²⁾, Muhammad Sarjan³⁾, Yulius Salu Pirade⁴⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Tadulako, ²⁾Dosen Teknik Elektro Universitas Tadulako

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno-Hatta KM9, Palu, Sulawesi Tengah

Email : barhintandililing93@gmail.com¹⁾, petingkoaprilus@gmail.com²⁾, muhammad_sarjan@yahoo.co.id³⁾, ys67.pirade@gmail.com³⁾

ABSTRACT

A short circuit is one of the most common types of disturbances in a power system, either short-circuit between wire to ground and short circuit between different phase wires. When the disturbance occurs, the current flowing in the transmission line leading to the center of the disturbance is very large, so it will affect the stability of the entire system, To avoid damage and large losses, the distance relay is used as the main protection in securing the transmission line.

This study discusses the short-circuit currents of one ground phenomenon that occurs in the main substation of talise heads, and simulates short circuit one phase to ground using ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0 software.

From the calculation of this research, the largest short circuit current flows occur in the type of short-circuit current disturbance of the ground phases with the disturbance distances at 25% distance of 827,84 A, disturbance distances at 50% distance of 792,97 A, disturbance distances at 75% distance of 760,29 A and short circuit current of one ground phases with distances distances at 100% distance of 729,71 A and the result of distance relay setting value for zone 1 of $Z_{Setting-1}$ value is 2,672 Ω and $Z_{Setting-0}$ value is 5,148 Ω , for zone 2 the value of $Z_{Setting-1}$ is 4,809 Ω and $Z_{Setting-0}$ value is 9,226 Ω , and for Zone 3 the $Z_{Setting-1}$ value is 8.91 Ω $Z_{Setting-0}$ value is 10.117 Ω .

Keywords : *Short Circuit disturbances One Phase of Ground, Distance Relay, Protection, Transmission Line.*

I. PENDAHULUAN

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lain, seperti dari stasiun pembangkit ke gardu induk. Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara pusat pembangkit dengan pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat jatuh tegangan. Akan tetapi saluran udara merupakan salah satu komponen dalam sistem yang sering mengalami gangguan. Gangguan yang biasa terjadi berupa hubung singkat, beban lebih, surja petir, topan, cuaca buruk dan lain-lain. Gangguan tersebut dapat menyebabkan terganggunya kelangsungan operasi dan kerusakan peralatan pada sistem tenaga 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.

Kegunaan sistem proteksi tenaga listrik, antara lain untuk:

1. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal;
2. Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya

gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal;

3. Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas;
4. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu tinggi kepada konsumen;
5. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik;

Rele jarak (*distance relay*) merupakan salah satu jenis rele proteksi yang digunakan sebagai pengamanan pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyételannya 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 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.

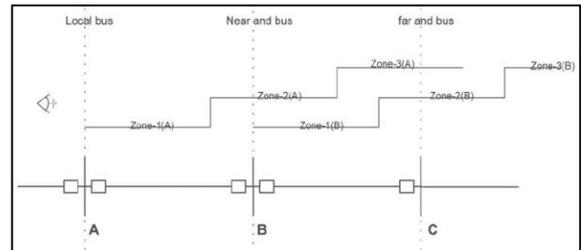
Rele jarak akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan *setting* impedansi pada rele jarak, dengan ketentuan :

- Jika nilai impedansi gangguan lebih kecil dari pada *setting* impedansi *distance relay*, maka *distance relay* akan bekerja.
- Jika nilai impedansi gangguan lebih besar atau sama dengan *setting* impedansi *distance relay*, maka *distance relay* tidak bekerja.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fasa. Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada daerah yang terganggu perlu diputuskan

dengan peralatan pemutus tenaga atau *Circuit Breaker* (CB).

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 yaitu zona 1, zona 2 zona 3, yang di koordinasikan dengan zona proteksi saluran transmisi daerah berikutnya agar tidak terjadi kondisi *overlapping*. Dasar pemilihan zona pengamanan rele jarak yang diaplikasikan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Setelan Zona Proteksi Rele Jarak
(Sumber : PT. PLN P3B, 2006) [1]

II. DASAR TEORI

Rele jarak mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat di tentukan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = V_f / I_f \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan : Z_f = Impedansi (Ω)
 V_f = Tegangan (Volt)
 I_f = Arus gangguan (Ampere)

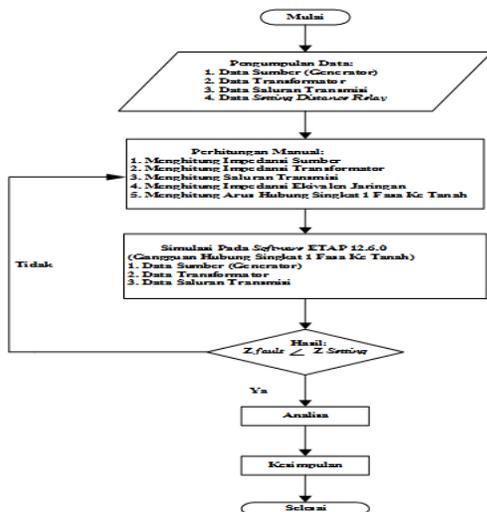
Distance Relay merupakan salah satu jenis rele proteksi yang digunakan sebagai pengamanan utama sekaligus pengamanan cadangan untuk saluran transmisi yang berdekatan. Hal ini didasarkan bahwa impedansi saluran transmisi berbanding lurus dengan jaraknya sehingga memungkinkan dilakukan pengukuran impedansi berdasarkan panjang salurannya.

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.

III. METODE PENELITIAN

Adapun Diagram (*Flow Chart*) rencana penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 2. Diagram (*Flowchart*) Rencana Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Sumber (Generator)

Tabel 1. menunjukkan data sumber (generator)

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
PLTU JAYA PUSTAKA PALU	Unit 1 dan 2	15	6,3
		15	6,3
	Unit 3 dan 4	18	6,3
		18	6,3

Sumber : Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jaya Pustaka Palu

Data Transformator

Tabel 2. Menunjukkan data transformator

Lokasi	Trafo	Kapasitas Daya (MVA)	Teg. Operasi Primer/Sekunder (kV)	Impedansi Trafo (%)	Hub. Belitan	Sistem Pentanahan
PLTA Poso	3	80	11/275 kV	12,5	Ynyn0	NGR
		80				NGR
		80				NGR
GI Pamona	2	90	275/150 kV	9,31	Ynyn0	NGR
		90				NGR
GI Poso	1	10	150/20 kV	12,48	Ynyn0	NGR
		30				NGR
GI Sidera	1	30	150/20 kV	12,338	Ynyn0	NGR
		50				NGR
GI Talise	2	30	66/20 kV	9,31	Ynyn0	NGR
		30				NGR
	10	30	66/20 kV	12,35	Ynyn0	NGR
		30				NGR
PLTU Jasa Pustaka Palu	1	20	6,3/70 kV	17,9	Ynyn0	NGR
		20				NGR
	1	25	6,3/70kV	12,3	Ynyn0	NGR
		25				NGR

*Nilai NGR (*Neutral Grounding Resistance*) adalah 40 Ω
 Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Data Saluran Transmisi

Tabel 3. Data saluran transmisi Gardu Induk Pamona – Gardu Induk Poso

Gardu Induk Pamona – Gardu Induk Poso		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 2 X 240	-
CCC	1200	A
Panjang	43,5	Km
Ratio CT	800/1	-
Ratio PT	150.000/110	-
Impedansi urutan positif (Z1)	0,0592 + J 0,1939	Ω / km
Impedansi urutan negatif (Z2)	0,0592 + J 0,1939	Ω / km
Impedansi urutan nol (Z0)	0,155 + J 0,3587	Ω / km

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 4.Data saluran transmisi GI Poso –GI Sidera

Gardu Induk Poso – Gardu Induk Sidera		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 2 x 240	Mm
CCC	2 x 600	A
Panjang	141,8	Km
Ratio CT	800/1	-
Ratio PT	150.000/100	-
Impedansi urutan positif (Z1)	0,0592 + J 0,1939	Ω / km
Impedansi urutan negatif (Z2)	0,0592 + J 0,1939	Ω / km
Impedansi urutan nol (Z0)	0,155 + J 0,3587	Ω / km

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu

Tabel 5. Data saluran transmisi GI Sidera – GI Tipo

Gardu Induk Sidera - Gardu Induk Tipo		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 1 x 240	-
(CCC)	600	A
Panjang	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)	$0,310 + j 0,717$	Ω / km

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 6. Data saluran transmisi GI Sidera - GI Talise

Gardu Induk Sidera - Gardu Induk Talise		
Item	Uraian	Satuan
Jenis Penghantar	ACSR 1 x 240	Mm
CCC	600	A
Panjang	20,2	Km
Ratio CT	1600/1	-
Ratio PT	66.000/100	-
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)	$0,310 + j 0,7173$	Ω / km

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Tabel 7. Data saluran transmisi Gardu Induk Talise - PLTU Mpanau

Gardu Induk Talise - PLTU Mpanau		
ITEM	URAIAN	SATUAN
Jenis Penghantar	ACSR 1 x 150	Mm
CCC	440	A
Panjang	17,5	Km
Ratio CT	300/1	-
Ratio PT	66.000/110	-
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)	$0,310 + j 0,7173$	Ω / km

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu.

Jenis Rele Yang Digunakan

Tabel 8. Menunjukkan jenis rele jarak (*distance relay*) yang digunakan.

Item	Gardu Induk	
	Sidera	Talise
Merek	MICOM ALSTOM	SIMENS
Type	P441	75A52
Proteksi	Sidera	Talise
Karakteristik	Quadrilateral	Quadrilateral
Pola Pengaman	PUTT	PUTT

Sumber : Transmisi dan Gardu Induk (Tragi) Palu

Tabel 9. Menunjukkan jenis rele jarak (*distance relay*) yang digunakan.

Item	Gardu Induk	
	Talise	Sidera
Merek	SIMENS	MICOM ALSTOM
Type	75A52.	P441
Proteksi	Talise	Sidera
Karakteristik	Quadrilateral	Quadrilateral
Pola Pengaman	PUTT	PUTT

Tabel 10. Hasil Analisa Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketenah.

Jarak Gangguan (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketenah (A)
	GI Sidera - GI Talise
25	827,84
50	792,97
70	760,29
100	729,71

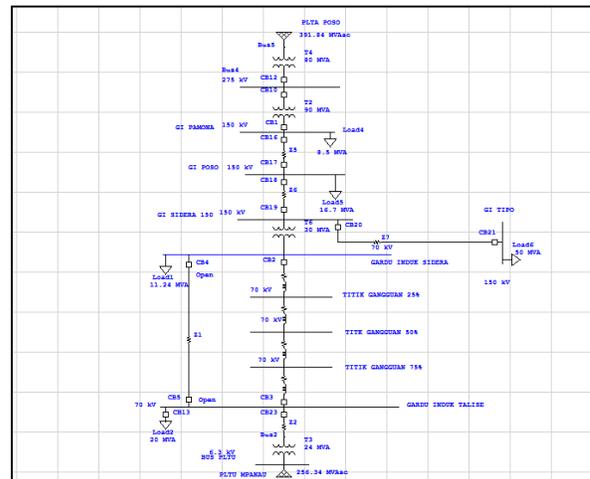
Tabel 11. Hasil Analisa Perhitungan Impedansi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketenah.

Jarak Gangguan (%)	Impedansi Gangguan Satu Fasa Ketenah (Ω)
	GI Sidera - GI Talise
25	84,55
50	88,27
75	92,07
100	95,92

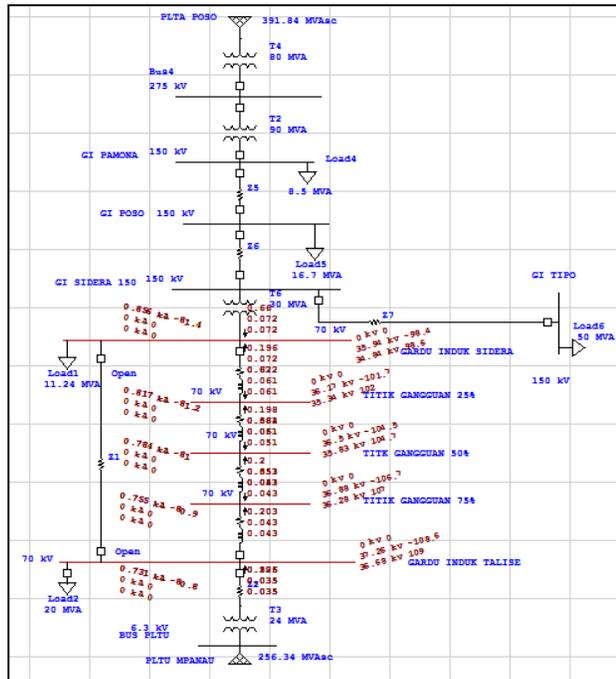
Tabel 12. Hasil Analisa Perhitungan Setting Rele Jarak (*Distance Relay*) Pada Gardu Induk Sidera - Gardu Induk Talise

Lokasi Setting	Zona 1 (Ω)		Zona 2 (Ω)		Zona 3 (Ω)	
	Z1,1	Z1,0	Z2,1	Z2,0	Z3,1	Z3,0
GI Sidera - GI Talise	2,672	5,148	4,809	9,266	8,91	10,117
Waktu Setting (s)	0		0,4		0,8	

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat (*short circuit fault*) pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 70 kV Antara Gardu Induk Sidera-Gardu Induk Talise, yaitu membuat *single line diagram* dari pusat pembangkit sampai ke gardu induk sidera – gardu induk talise seperti dibawah ini :



Gambar 5. Single line diagram sistem sulteng pada Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0.



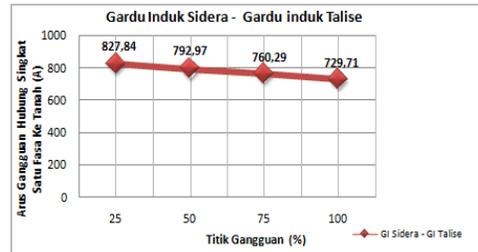
GI Sidera – GI Talise Pada Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0.

Analisa Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat yang dihitung adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah antara Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Talise yang terjadi pada titik gangguan 25%, 50%, 75% dan 100% Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan manual dan menggunakan software ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 12.6.0 sebagai pembanding hasil perhitungan manual.

Hasil perhitungan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah antara Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Talise dengan menggunakan skenario simulasi gangguan pada jarak 25%, 50%, 75%, dan 100% dari panjang saluran transmisi dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.10. Pada Gardu Induk Sidera-Talise arus hubung singkat terbesar terjadi pada jarak 25% dari panjang saluran transmisi sebesar 827,84 A dan arus hubung singkat terkecil terjadi pada jarak gangguan 100% dari panjang saluran transmisi sebesar 729,71 A. Ini menunjukkan bahwa semakin dekat jarak gangguan dengan

rele maka arus yang terjadi semakin besar dan semakin jauh jarak gangguan dengan rele maka arus yang terjadi semakin kecil. Berikut grafik perbandingan antara arus gangguan terhadap titik lokasi gangguan.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Jarak gangguan terhadap Arus gangguan Satu Fasa ke tanah, GI Sidera – GI Talise

Tabel 13. Hasil perbandingan $Z_{Setting}$ dengan $Z_{gangguan}$ Pada GI Sidera – GI Talise

Lokasi Gangguan (%)	GI Sidera – Gi Talise				
	Jenis gangguan	Z_f (Ω)	$Z_{setting}$ (Ω)	Ket.	Zona Operate
25	Satu fasa ke tanah	84,55	2,6	Operate	Zona-1 _A
50	Satu fasa ke tanah	88,27	2,6	Operate	Zona-1 _A
75	Satu fasa ke tanah	92,07	2,6	Operate	Zona-1 _A
100	Satu fasa ke tanah	95,92	5,199	Operate	Zona-2 _A

Dari tabel 13, gangguan terjadi di sepanjang saluran transmisi antara GI Sidera – GI Talise. Rele yang berada pada GI Sidera mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di wilayah kerja zona 1 dan zona 2. Gangguan yang terjadi pada zona 1_A dengan impedansi gangguan hubung singkat (Z_f) satu fasa sebesar 84,55 Ω , 88,27 Ω , 92,07 Ω , dan 95,92 Ω yang masing masing gangguan berada pada wilayah kerja Zona-1_A dan zona 2_A. karena nilai impedansi gangguan lebih kecil dari nilai impedansi setting rele ($Z_{gangguan} < Z_{setting}$) maka rele akan bekerja dengan waktu *instant* yaitu seketika (0 sekon) dan memerintahkan PMT untuk *trip*.

Perbandingan Hasil Perhitungan *Setting Distance Relay* Dengan Data Dilapangan

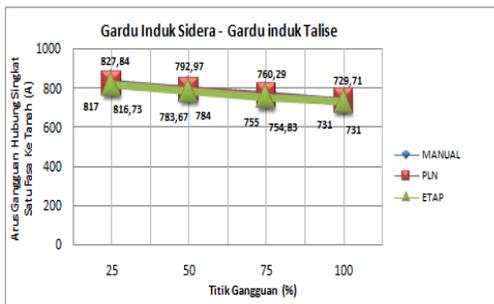
Tabel 14. Perbandingan Hasil Perhitungan *Setting Distance Relay* dengan Data Lapangan

Lokasi Setting	Zona Proteksi	Hasil Perhitungan		Data yang terpasang Dilapangan	
		$Z_{setting-1}$	$Z_{setting-0}$	$Z_{setting-1}$	$Z_{setting-0}$
GI Sidera – GI Talise	Zona -1	2,6	5,199	6,554	12,635
	Zona -2	4,68	9,358	11,868	19,431
	Zona -3	8,838	10,138	17,853	23,617

Perbandingan Hasil Perhitungan *Setting Rele Jarak (Distance Relay)* Dengan Data Lapangan dan Simulasi ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 12.6.0.

Tabel 15. Perbandingan nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dengan data PT. PLN (Persero) Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa dan *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* 12.6.0.

Lokasi	Jarak Gangguan (%)	Arus hubung singkat satu fasa ketanah (A)	Arus hubung singkat satu fasa ketanah (Data PLN) (A)	Arus hubung singkat satu fasa ketanah Software ETAP (A)
GI Sidera – GI Talise	25	827,84	816,73	817
	50	792,97	783,67	784
	75	760,29	754,83	755
	100	729,71	731	731



Gambar 9. Grafik Perbandingan perhitungan manual, data PLN (Persero) dan simulasi ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)12.6.0

Pada tabel 4.15 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan manual nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan data

PT. PLN (Persero) 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 (Persero) 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 (Persero) 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 (Persero) Wilayah Suluttenggo AP2B Sistem Minahasa yaitu 2% - 3%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa data yang dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

Arus gangguan hubung singkat untuk Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Talise terbesar terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak lokasi gangguan 25% sebesar 827,84 A, arus gangguan yang terjadi pada jarak lokasi 50% sebesar 792,97, arus gangguan yang terjadi pada jarak lokasi 75% sebesar 760,29 dan arus gangguan hubung singkat terkecil terjadi pada jenis gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dengan jarak lokasi gangguan 100% sebesar 729,71 A. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa jarak berpengaruh terhadap gangguan hubung singkat, baik gangguan satu fasa ketanah. Semakin jauh lokasi jarak terjadinya gangguan, maka semakin kecil nilai arus gangguannya, sebaliknya semakin dekat lokasi jarak terjadinya gangguan, maka semakin besar nilai arus gangguannya.

Hasil perhitungan manual setting rele jarak yang terpasang antara Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Talise, maka diperoleh nilai untuk zona 1 nilai $Z_{Setting-1}$ sebesar 2,672 Ω dan nilai $Z_{Setting-0}$ sebesar 5,148 Ω , sedangkan untuk zona 2 nilai $Z_{Setting-1}$ sebesar 4,809 Ω dan nilai

$Z_{Setting-0}$ sebesar $9,266 \Omega$ dan untuk zona 3 $Z_{Setting-1}$ sebesar $8,91 \Omega$ dan nilai $Z_{Setting-0}$ sebesar $10,117 \Omega$. Terbukti dari hasil perbandingan impedansi gangguan dengan impedansi setting rele jarak (*distance relay*) tersebut, impedansi gangguan lebih kecil dari pada impedansi setting rele tersebut ($Z_{gangguan} < Z_{setting}$).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Pelatihan O & M relai Proteksi jaringan*. P3B: PT. PLN (Persero), 2006.
- [2] Stevenson, William D., 1996, “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Edisi 4, Terjemahan Kamal Idris, Jakarta : Erlangga.
- [2] S.K., Supriana, Arjana, D., A.A.N., Amrita., 2014, “*Studi Pengaruh Uprating Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Terhadap Setting Rele Jarak Antara Gi Kapal – Gi Padang Sambian – Gi Pesanggaran*”, Media Elektrik, Teknik Elektro, Universitas Udayana, Vol.1, No.
- [3] Mardeansyah, A., 2008, “*Studi Perencanaan Rele Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi*”
- [4] Pamungkas, A.C., 2014 “*Scanning Setting Rele Jarak (Distance Relay) Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Gardu Induk Drajat-Garut-Tasiktasik Baru*”, Media Elektrik, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- [5] Subito, J.A., 2015, “*Analisis gangguan Hubung Singkat Untuk Setting Distance Relay pada SUTT 150 kV antara GI Pamona - GI Sidera*”. Teknik Elektro, Universitas Tadulako.
- [6] Pirade S.D., Pamula M., 2017” *Analisis Gangguan Hubung singkat Untuk setting Rele Jarak (Distance Relay) Pada Saluran Udara Tegangan tinggi (SUTT) 70 kV Antara Gardu Induk Sidera – Gardu Induk Tipo*”. Teknik Elektro, Universitas Tadulako.