

**Analisa Hubungan Singkat Satu Fasa Ketanah Untuk Koordinasi *Setting Ground Fault Relay*
(GFR) Pada Penyulang Feeder 20 Kv
(GI Batu Sangkar Feeder Tigo Jangko)**

oleh
Zulkarnaini, Samsul Bahri

*Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Teknologi Padang
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang
Telephone: (0751) 775418 / 08126782828. E-mail: zul3eva @ yahoo.co.id,*

ABSTRACT

Dalam setiap sistem tenaga listrik selalu digunakan sistem proteksi atau pengaman untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan. Sistem proteksi ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan dengan yang tidak mengalami gangguan sehingga sistem dapat menjalankan operasinya.

Apabila peralatan proteksi atau pengaman memberikan respon yang salah terhadap gangguan maka terjadi tripping ikutan/palsu yaitu peristiwa yang menggambarkan kejadian ketika suatu peralatan proteksi merespon/menanggapi secara salah atau tidak diharapkan pada suatu kondisi atau keadaan sistem tenaga listrik yang sedang mengalami gangguan. Tripping ikutan ini dapat terjadi pada peralatan pengaman atau proteksi yang dihubungkan seri pada penyulang yang sama, sehingga apabila terjadi gangguan pada penyulang tersebut maka dua atau lebih peralatan pengaman pada penyulang itu akan mengalami tripping. Tripping ikutan juga dapat terjadi pada penyulang penyulang lainnya pada bus yang sama.

Hasil Penelitian ini dapat meminimalkan trip yang terjadi pada penyulang yang disebabkan oleh gangguan Tripping ikutan dengan menggunakan rele gangguan tanah inverse time pada gangguan satu saluran ke tanah dengan settingan relay pada Gardu Induk (GI) Batu Sangkar pada express feeder untuk jarak 0% 0,6805 dt dan untuk feeder Tigo Jangko 0,3detik. Begitu juga pada jarak 100 % maka settingan waktu relay untuk Exspress feeder adalah 2,1367 dan untuk feeder Tigo Jangko adalah 0,9431 dt.

Kata kunci: Proteksi, , Tripping ikutan, Distribusi.

ABSTRAK

The Power system Electrical always used protection system to back up harassment. Protection system need to segregate in harassment with not harassment avail to operation system.

Protection device when give response to harassment and then sympathetic tripping. Sympathetic Tripping ensue in protection device the connection with feeder the same, so that ensue harassment in feeder and then two, or more than two device protection in feeder will tripping. Sympathetic Tripping also get ensue in another feeders with bus the same

The research get minimal harassment in feeder because fault. Sympathetic Tripping with used ground fault relay characteristic inverse time on fault phase to ground. Setting ground fault relay in GI Batu Sangkar in express feeder to dinstance 0% are 0,6805 second and to Tigo Jangko feeder are 0,3second. Furthermore in dinstance 100 %, then time relay setting to express feeder are 2,1367 second and to Tgo Jangko feeder are 0,9431 second.

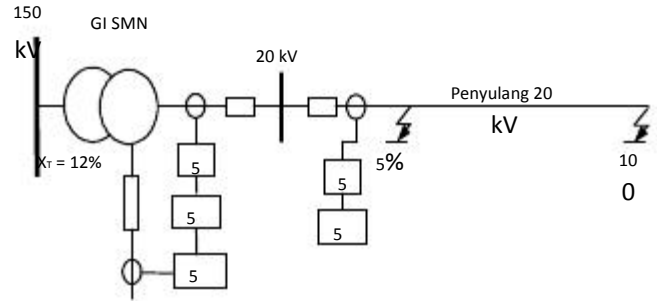
Key Word : Protection, Sympathetic Tripping, Distribution

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dijumpai pada sistem distribusi tenaga listrik antara lain pada penyulang 20KV, adalah gangguan hubung singkat, baik menggunakan kawat udara (SUTM). Jika penyetelan over current relay atau ground fault relay yang berada di incomong feeder atau di out going feeder kurang baik, gangguan hubung singkat kadang-kadang dapat men-tripkan relay yang berada di incomming feeder sehingga menyebabkan pemadaman seluruh penyulang. Jika pada salah satu feeder terjadi hubung singkat feeder yang lain ikut trip (simpatetik trip), tentu saja hal ini diharapkan tidak terjadi dan sebaliknya jika setting relai kurang baik pada kasus yang bertentangan dengan kasus di atas bila terjadi gangguan hubung singkat trip-nya terlambat, hal ini juga tidak boleh terjadi karena akan merusak peralatan sistem. Oleh karena itu untuk keamanan sistem distribusi yang handal pada suatu penyulang antara lain perlu untuk mendapatkan suatu nilai setting relay yang tepat (sensitif dan selektif). Pada feeder Tigo Jangko sering terjadi kasus trip PMT pada hal arus seting Relay belum terlampaui, menurut survey lapangan melalui operator lapangan. Ada beberapa kemungkinan penyebab hal ini terjadi diantaranya: perubahan karakteristik relay, perubahan impedansi saluran, perubahan karakteristik beban, reaktansi, Transformator atau akibat kurang tepat analisa arus hubung singkat saat awal setting. Pada kesempatan ini salah satu kemungkinan penyebabnya diangkat sebagai permasalahan adalah menganalisa kembali arus hubung singkat pada masing masing feeder untuk *re-setting relay*, yang lebih tepat (selektif dan sensitif). Sementara itu analisa hubung singkat yang dilakukan hanya satu phasa ke tanah untuk re-setting GFR pada GH Tigo Jangko

1.1. Arus Gangguan Hubung Singkat

Pada sistem jaringan 20 kV yang dipasok dari suatu gardu induk seperti gambar dan data dibawah ini maka :

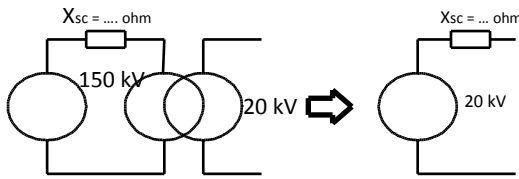


Gambar 1 . Jaringan 20 kV Yang di Pasok dari GI

Pada bus 150 kV adalah bus yang dipasok dari pusat yang di interkoneksi. Untuk ini diperlukan arus hubung singkat di sisi 150 kV.

Perhitungan arus hubung singkat pada sistem di atas, sebagai berikut :

1. Dihitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam al ini diperoleh dari data hubung singkat di bus 150 kV.
2. Perhitungan reaktansi trafo tenaga.
3. Perhitungan impedansi penyulang per 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang. Untuk lebih teliti perhitungan impedansi dapat per 5 persen atau 10 persen dari panjang penyulang.
4. Jadi data yang diperlukan untuk perhitungan arus hubung singkat atau koordinasi relay, adalah :
 - a. MVA_{short} circuit dibus 150 kV
 - b. Data Trafo :
 - Kapasitas trafo (MVA)
 - Reaktansi urutan positif trafo (5)
 - Ratio tegangan
 - Mempunyai belitan delta atau tidak
 - Ratio CT di incoming feeder
 - Netral grounding resistance yang terpasang
 - c. Impedansi urutan positif dan nol penyulang
 - d. Arus beban di penyulang
 - e. Ratio CT di penyulang

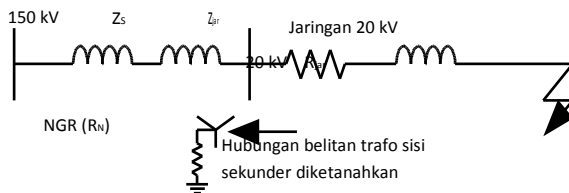


Gambar 2. Ekvivalen Impedansi incoming dan outgoing

$$X_{scs} \text{ (sisi 20 kV)} = \frac{KV_{s2}}{KV_{p2}} \times X_{scp} \tag{1}$$

1.2 Impedansi Penyulang

Impedansi penyulang yang akan dihitung disini, tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang bersangkutan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang dipergunakan untuk jaringan SUTM atau dari jenis kabel tanah untuk jaringan SKTM. $Z = (R+jX)$ ohm/km dan $Z_1 = Z_2$, dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan yang diperkirakan terjadi pada 5%, 10%, 15% s/d 100% panjang penyulang. Untuk menghitung Reaktansi Ekvivalen dihitung besarnya nilai impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}), impedansi ekivalen urutan negatif (Z_{2eq}), dan impedansi ekivalen urutan Nol (Z_{0eq}) dari titik gangguan sampai kesumber.



Gambar 3. Ekvivalen Impedansi Penyulang

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung menjumlahkan impedansi-impedansi seperti gambar tersebut diatas, sedangkan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke Transformator tenaga yang netralnya ditanahkan.

Untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini dimisalkan Transpormator yang terpasang mempunyai hubungan **Yyd**, dimana

mempunyai nilai $X_{T0} = 3 \times 0,8 = 2,4$ ohm. Nilai tahanan pentanahan : $3 \times R_N$

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{T1} + Z_{l \text{ penyulang}} \tag{2}$$

$$\text{Perhitungan } Z_{0eq} : Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0 \text{ penyulang}} \tag{3}$$

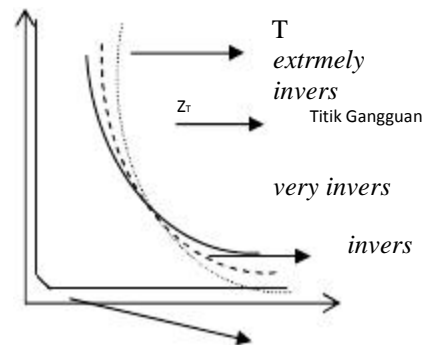
1.3 Rele Arus Lebih (Over Current Relay)

Rele arus lebih yaitu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari rele arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberi perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.

Pengaman dengan menggunakan rele arus lebih mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

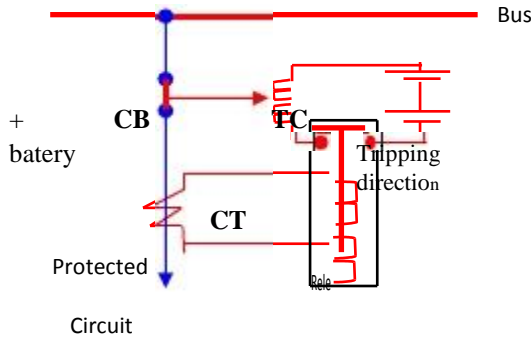
- Pengamannya sederhana
- Dapat sebagai pengaman cadangan dan pengaman utama
- Harganya relatif murah

Jenis jenis reley arus lebih ini menurut karakteristik kerjanya *inverse* dan *instantaneous* dapat digambarkan sebagai berikut:



Instantaneous
Gambar 4 Karakteristik over current relay tipe invers untuk saluran

Secara umum pemakaian rele arus lebih sebagai proteksi hubungan singkat dan keadaan-keadaan tidak normal pada operasi sistem distribusi tenaga listrik komponennya dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 5. Diagram sutu garis perangkat proteksi OCR

Dengan piranti proteksi adalah sebagai berikut:

berikut:

1. Transformatur arus (CT)
2. Circuit Breaker (CB)
3. Rele
4. Batere
5. Tripping Coil (TC)

1.4 Tms Ground Fault Relay (GFR)

Untukk mendapatkan nilai setting GFR diperlukan data dan analisa besarnya arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah menurut persamaan:

$$I_{foul\ 1\ Fasa} = \frac{3 \cdot E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \tag{4}$$

Di mana: I = arus gangguan 1 Fasa ke tanah yang dihitung

$$V = \text{tegangan fasa-netral sistem } 20kV = \frac{20.000}{\sqrt{3}}$$

Z1=Impedansi Urutan Positif yang diperoleh dari perhitungan

Z2=Impedansi Urutan Negatif yang diperoleh dari perhitungan

Z0=Impedansi urutan nol yang diperoleh dari perhitungan

Atau: $I_{f\ 1\ fasa\ ke\ tanah} = 3 \cdot I_o$
(5)

Maka arus gangguan hubung singkat 1 Fsa ke Tanah dapat dihitung:

$$I_{f1\ fasa} = \frac{3 \cdot E_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} = \frac{3 \cdot \frac{20.000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} = \frac{34641,016}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} \tag{6}$$

Di mana Nilai NGR adalah nilai thermal resistance of neutral grunding resistance of transformator (40 atau 12 Ohm. Perhitungan ini dilakukan untuk lokasi yang di asumsikan gangguan terjadi mulai 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan seterusnya dengan kenaikan 5% sampai dengan 100% panjang jaringan.

1.5 Tms GFR pada Out Going Feeder

Untuk setting GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah yang terkecil pada 100% panjang jaringan. Untuk mengantisipasi tahanan yang tinggi yang diakibatkan penghantar fasa bersentuhan dengan benda lain yang menimbulkan tahanan tinggi, yang akan menyebabkan arus gangguan hubung singkat menjadi kecil, maka arus setting primer dikalikan dengan konstanta 0,06 s/d 0,1, maka persamaan Iset primer menjadi

$$I\ set\ primer = 0,1 \cdot I_{f\ 1\ fasa\ terkecil}$$

Dan $I_{set\ sec} = I_{set\ primer} \cdot 1/ratio\ CT$

Setting waktu relay standard Invers dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu Vs arus, yang dalam hal ini akan digunakan standard Britis maka:

$$T_{ms} = \frac{(0,3) \cdot \left(\frac{I_{f\ 1\ fasa}^{0,02} - 1}{I_{set\ pri}} \right)}{0,14} \tag{7}$$

$$t = \frac{T_{ms} \cdot 0,14}{\left(\frac{I_{f\ 1\ fasa}^{0,02}}{I_{set\ pri}} - 1 \right)} \tag{8}$$

1.6 Setting GFR Incoming Feeder

Untuk mendapatkan sensitivity setting relay cadangan pada Incoming maka diambil nilai konstanta yang lebih kecil dari out going feeder, disini diambil 0,07 maka:

$$I \text{ set primer} = 0,07 * I_{f1 \text{ fasa}} \tag{9}$$

$$I \text{ set sec} = I \text{ set primer} * 1/\text{ratio CT} \tag{10}$$

$$Tms = \frac{(0,3 + 0,4) x \left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \tag{11}$$

$$t = \frac{Tms x 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \tag{12}$$

2 METODOLOGI

2.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung ke lapangan PT.PLN(Persero).Terhadap data yang diperoleh dilakuakn pengolahan, perhitungan untuk mendapatkan nilai impedansi saluran dan arus hubung singkat 1 phasa ke tanah, untuk keperluan koordinasi relay proteksinya; tidak hanya pada titik gangguan tetapi juga pada kontribusi arus dari sumber yang mengalir ke titik gangguan. Data - data yang didapat berdasarkan peralatan - peralatan yang berada pada wilayah kerja Gardu Induk Salak dan penyulang.

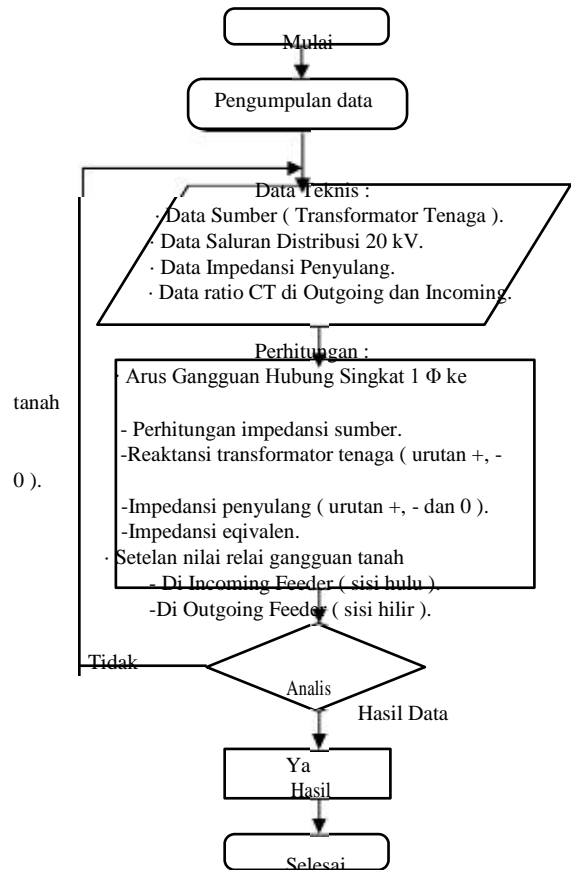
2.2 Metode Analisa Data

Metode analisa data adalah dengan menggunakan data - data pada Gardu Induk Salak dan penyulangnya, dengan materi kajian terdiri dari :

1. Menghitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam

- hal ini di peroleh dari data hubung singkat di Bus 150 kV.
2. Menghitung reaktansi trafo tenaga.
3. Menghitung impedansi pada masing - masing penyulang dan besarnya nilai impedansi eqivalen pada masing - masing penyulang.
4. Dan melakukan perhitungan sesuai dengan koordinasi relay gangguan tanah (Ground Fault Relay)

Adapun jalannya dilakukan menurut diagram alir dibawah ini:



3. PEMBAHASAN

3.1Deskripsi Data

Data-data dari sistem terdiri dari data trafo penyaluran di sisi Incomming, data-data ratio CT di sisi incoming dan outgoing dan data-data impedansi pada masing-masing penyulang 20 KV.

Data Trafo Penyaluran di Incoming 20 kV.

a. Merk	UNINDO
b. MVA H-S Bus 150 kV	
c. Kapasitas	30 MVA
d. Tegangan sisi primer	20 Kv
e. Tegangan sisi skunder	150 kV
f. Frekuensi	50 Hz
g. Reaktansi Trafo	12,33 %
h. NGR trafo	40 Ω
i. Ratio CT	1200/5
j. Hubungan Belitan	Yy

Data Ratio CT di Incoming dan Outgoing Feeder GH. Balai Tangah

No	Nama Feeder	Ratio CT
1.	Express Feeder	300/5
2.	Feeder Tigo Jangko	100/5

Data Impedansi Penyulang di Incoming dan Outgoing Feeder GH. Balai Tangah

NO	Dari - ke	SUTM (km)	Impedansi	R total	X total
1	GI. Sugayang – GH.Balai Tangah (Expres Feeder)	25,5	Z1 = Z2	3,4272	8,052
			Zo	7,2012	40,88
2.	GH.Balai Tangah – PTS. Setangkai (Feeder Tigo Jangko)	43,349	Z1 = Z2	19,975	15,48
			Zo	26,390	71,29

3.2 Perhitungan Impedansi Penyulang

Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif ($Z_1 = Z_2$)

Tabel 1. Data impedansi penyulang urutan positif dan negatif ($Z_1 = Z_2$)

% panjang	Impedansi P enyulang Urutan P ositif dan Neg atif ($Z_1 = Z_2$)
1. Impe dans i Inc oming G H B alai T ang ah (E xpre s s F eede r)	
1	1% x (3,4272 + j 8,0529) = 0,0343 + j 0,0805
10	10% x (3,4272 + j 8,0529) = 0,3427 + j 0,8053
20	20% x (3,4272 + j 8,0529) = 0,6854 + j 1,6106
30	30% x (3,4272 + j 8,0529) = 1,0282 + j 2,4159
40	40% x (3,4272 + j 8,0529) = 1,3709 + j 3,2212
50	50% x (3,4272 + j 8,0529) = 1,7136 + j 4,0265
60	60% x (3,4272 + j 8,0529) = 2,0563 + j 4,8317
70	70% x (3,4272 + j 8,0529) = 2,3990 + j 5,6370
80	80% x (3,4272 + j 8,0529) = 2,7418 + j 6,4423
90	90% x (3,4272 + j 8,0529) = 3,0845 + j 7,2476
100	100% x (3,4272 + j 8,0529) = 3,4272 + j 8,0529

% panjang	Impedansi P enyulang U rutan P ositif dan Neg atif ($Z_1 = Z_2$)
2. Impedansi I O ut G oing G H B alai T ang ah (F eeder T ig o J ang ko)	
1	1% x (19,9752 + j 15,4843) = 0,1998 + j 0,1548
10	10% x (19,9752 + j 15,4843) = 1,9975 + j 1,5484
20	20% x (19,9752 + j 15,4843) = 3,9950 + j 3,0969
30	30% x (19,9752 + j 15,4843) = 5,9926 + j 4,6453
40	40% x (19,9752 + j 15,4843) = 7,9901 + j 6,1937
50	50% x (19,9752 + j 15,4843) = 9,9876 + j 7,7422
60	60% x (19,9752 + j 15,4843) = 11,9851 + j 9,2906
70	70% x (19,9752 + j 15,4843) = 13,9826 + j 10,8390
80	80% x (19,9752 + j 15,4843) = 15,9802 + j 12,3874
90	90% x (19,9752 + j 15,4843) = 17,9777 + j 13,9359
100	100% x (19,9752 + j 15,4843) = 19,9752 + j 15,4843

Tabel 2. Data impedansi penyulang urutan Nol (Z_0)

% panjang	Impe dans i Urutan Nol (Z_0)
1. Impe dans i Inc oming G H B alai T ang ah (E xpre s s F e e de r)	
1	1% x (7,2012 + j 40,8864) = 0,0720 + j 0,4089
10	10% x (7,2012 + j 40,8864) = 0,7201 + j 4,0886
20	20% x (7,2012 + j 40,8864) = 1,4402 + j 8,1773
30	30% x (7,2012 + j 40,8864) = 2,1604 + j 12,2659
40	40% x (7,2012 + j 40,8864) = 2,8805 + j 16,3546
50	50% x (7,2012 + j 40,8864) = 3,6006 + j 20,4432
60	60% x (7,2012 + j 40,8864) = 4,3207 + j 24,5318
70	70% x (7,2012 + j 40,8864) = 5,0408 + j 28,6205
80	80% x (7,2012 + j 40,8864) = 5,7610 + j 32,7091
90	90% x (7,2012 + j 40,8864) = 6,4811 + j 36,7978
100	100% x (7,2012 + j 40,8864) = 7,2012 + j 40,8864

% panjang	Impe dans i P enyulang U rutan Nol (Z_0)
2. Impedansi I O ut G oing G H B alai T ang ah (F e e der T ig o J ang ko)	
1	1% x (26,3909 + j 71,2961) = 0,2639 + j 0,7130
10	10% x (26,3909 + j 71,2961) = 2,6391 + j 7,1296
20	20% x (26,3909 + j 71,2961) = 5,2782 + j 14,2592
30	30% x (26,3909 + j 71,2961) = 7,9173 + j 21,3888
40	40% x (26,3909 + j 71,2961) = 10,5564 + j 28,5184
50	50% x (26,3909 + j 71,2961) = 13,1955 + j 35,6481
60	60% x (26,3909 + j 71,2961) = 15,8345 + j 42,7777
70	70% x (26,3909 + j 71,2961) = 18,4736 + j 49,9073
80	80% x (26,3909 + j 71,2961) = 21,1127 + j 57,0369
90	90% x (26,3909 + j 71,2961) = 23,7518 + j 64,1665
100	100% x (26,3909 + j 71,2961) = 26,3909 + j 71,2961

Tabel 3. Data impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)

Tabel 5. Data Arus Gangguan Hubungan Singkat Satu Phasa ke Tanah

% panjang	Arus Gangguan Hubungan Singkat Satu Phasa ke tanah (Amp)	
1. Incoming G H B alai T ang ah (F eeder E xpres)		
1	$34641,016 / (2 \cdot (0,0343 + j 0,0830) + 1,2720 + j 0,4263)$	= 23636,0644
10	$34641,016 / (2 \cdot (0,3427 + j 0,8053) + 12,7201 + j 4,2626)$	= 2367,0304
20	$34641,016 / (2 \cdot (0,6854 + j 1,6106) + 25,4402 + j 8,5253)$	= 1183,4464
30	$34641,016 / (2 \cdot (1,0282 + j 2,4159) + 38,1604 + j 12,7879)$	= 788,9652
40	$34641,016 / (2 \cdot (1,3709 + j 3,2212) + 50,8805 + j 17,0506)$	= 591,7222
50	$34641,016 / (2 \cdot (1,7136 + j 4,0265) + 63,6006 + j 21,3132)$	= 473,3802
60	$34641,016 / (2 \cdot (2,0563 + j 4,8317) + 76,3207 + j 25,5758)$	= 394,4835
70	$34641,016 / (2 \cdot (2,3990 + j 5,6370) + 89,0408 + j 29,8385)$	= 338,1284
80	$34641,016 / (2 \cdot (2,7418 + j 6,4423) + 101,7610 + j 34,1011)$	= 295,8621
90	$34641,016 / (2 \cdot (3,0845 + j 7,2476) + 114,4811 + j 38,3638)$	= 262,9886
100	$34641,016 / (2 \cdot (3,4272 + j 8,0529) + 127,2012 + j 42,6264)$	= 238,3386

Tabel 4 Data impedansi eqivalen urutan nol (Z_{0eq})

% panjang	Impedansi E qivalen Urutan Nol (Z_{0eq})	penyulang I set primer I set sekunder T ms t			
		%	(Amp)	(Amp)	(detik) (detik)
1. Impedansi incoming G H B alai T ang ah (E xpres s Feeder)					
1	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 1,2720 + j 0,4263$	1	23,8389	0,3973	0,7192 0,6805
10	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 12,7201 + j 4,2626$	10	23,8389	0,3973	0,7192 1,0453
20	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 25,4402 + j 8,5253$	20	23,8389	0,3973	0,7192 1,2396
30	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 38,1604 + j 12,7879$	30	23,8389	0,3973	0,7192 1,3889
40	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 50,8805 + j 17,0506$	40	23,8389	0,3973	0,7192 1,5177
50	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 63,6006 + j 21,3132$	50	23,8389	0,3973	0,7192 1,6347
60	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 76,3207 + j 25,5758$	60	23,8389	0,3973	0,7192 1,7441
70	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 89,0408 + j 29,8385$	70	23,8389	0,3973	0,7192 1,8484
80	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 101,7610 + j 34,1011$	80	23,8389	0,3973	0,7192 1,9490
90	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 114,4811 + j 38,3638$	90	23,8389	0,3973	0,7192 2,0470
100	$j 1,47 + 120 + (7,2012 + j 40,8864) = 127,2012 + j 42,6264$	100	23,8389	0,3973	0,7192 2,1367

Tabel 6. Data Iset Primer, Iset Sekunder, Tms dan t Pada Express Feeder

% panjang	Impedansi Penyulang Urutan Nol (Z_0)
2. Impedansi Out G oing G H B alai T ang ah (F eeder T i g o J angko)	
1	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 1,4639 + j 0,7277$
10	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 14,6391 + j 7,2766$
20	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 29,2782 + j 14,5532$
30	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 43,9173 + j 21,8298$
40	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 58,5564 + j 29,1064$
50	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 73,1955 + j 36,3831$
60	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 87,8345 + j 43,6597$
70	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 102,4736 + j 50,9363$
80	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 117,1127 + j 58,2129$
90	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 131,7518 + j 65,4895$
100	$j 1,47 + 120 + (26,3909 + j 71,2961) = 146,3909 + j 72,7661$

Tabel 7. Data Iset Primer, Iset Sekunder, Tms dan t Pada Feeder Tigo Jangko

% panjang	Impedansi E qiv ale n Urutan Pos itif dan Neg atif (Z ₁ = Z ₂)		
1. Impedansi Incoming G H B alai Tang ah (E xpres s Feeder)			
1	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	0,0343 + j 0,0830
10	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	0,3427 + j 0,8053
20	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	0,6854 + j 1,6106
30	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	1,0282 + j 2,4159
40	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	1,3709 + j 3,2212
50	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	1,7136 + j 4,0265
60	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	2,0563 + j 4,8317
70	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	2,3990 + j 5,6370
80	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	2,7418 + j 6,4423
90	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	3,0845 + j 7,2476
100	$j0,247 + (3,4272 + j 8,0529)$	=	3,4272 + j 8,0529

% panjang	Impedansi E qiv ale n Urutan Pos itif dan Neg atif (Z ₁ = Z ₂)		
2. Impedansi Output G H B alai Tang ah (Feeder T ig o J ang ko)			
1	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	0,2639 + j 0,7154
10	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	2,6391 + j 7,1542
20	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	5,2782 + j 14,3084
30	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	7,9173 + j 21,4626
40	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	10,5564 + j 28,6168
50	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	13,1955 + j 35,7711
60	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	15,8345 + j 42,9253
70	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	18,4736 + j 50,0795
80	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	21,1127 + j 57,2337
90	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	23,7518 + j 64,3879
100	$j0,246 \times (26,3909 + j 71,2961)$	=	26,3909 + j 71,5421

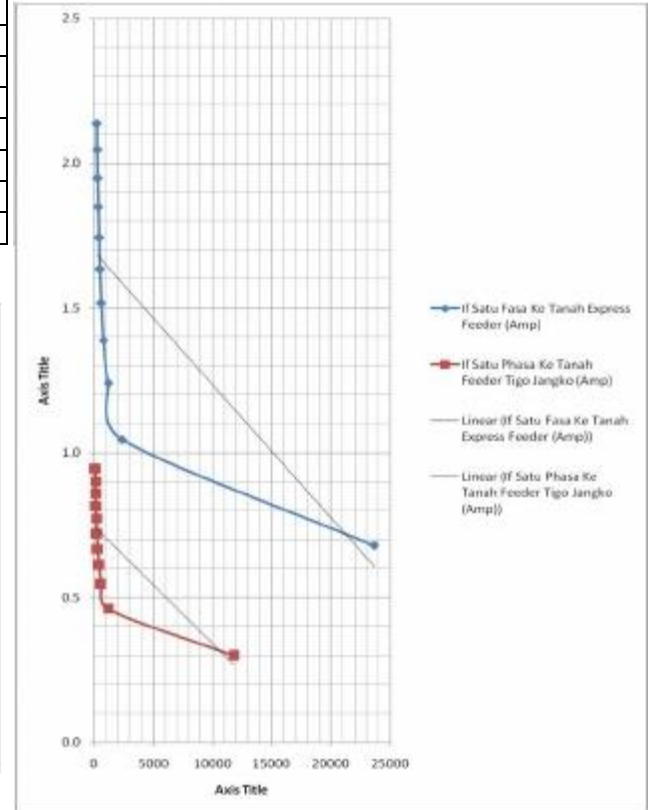
% panjang	Arus Gang g uan Hubung S ing kat S atu P has a ke tanah (Amp)		
1. Output G H B alai Tang ah (Feeder T ig o J ang ko)			
1	$34641,016 / (2 \cdot (0,2839 + j 0,7154) + 1,4639 + j 0,7277)$	=	11795,0955
10	$34641,016 / (2 \cdot (2,6391 + j 7,1542) + 14,6391 + j 7,2766)$	=	1179,4493
20	$34641,016 / (2 \cdot (5,2782 + j 14,3084) + 29,2782 + j 14,5532)$	=	589,7267
30	$34641,016 / (2 \cdot (7,9173 + j 21,4248) + 43,9173 + j 21,8298)$	=	393,1511
40	$34641,016 / (2 \cdot (10,5564 + j 28,6188) + 58,5564 + j 29,1064)$	=	294,8631
50	$34641,016 / (2 \cdot (13,1955 + j 35,7711) + 73,1955 + j 36,3831)$	=	235,8903
60	$34641,016 / (2 \cdot (15,8345 + j 42,9253) + 87,8345 + j 43,6597)$	=	192,8242
70	$34641,016 / (2 \cdot (18,4736 + j 50,0795) + 102,4736 + j 50,9383)$	=	168,4933
80	$34641,016 / (2 \cdot (21,1127 + j 57,2337) + 117,1127 + j 58,2129)$	=	147,4316
90	$34641,016 / (2 \cdot (23,7518 + j 64,3879) + 131,7518 + j 65,4895)$	=	131,0503
100	$34641,016 / (2 \cdot (26,3909 + j 71,5421) + 146,3909 + j 72,7661)$	=	117,9453

penyulang %	Is et primer (Amp)	Is et sekunder (Amp)	T ms (detik)	t (detik)
1	11,7945	0,5897	0,31747	0,3000
10	11,7945	0,5897	0,31747	0,4607
20	11,7945	0,5897	0,31747	0,5461
30	11,7945	0,5897	0,31747	0,6118
40	11,7945	0,5897	0,31747	0,6684
50	11,7945	0,5897	0,31747	0,7198
60	11,7945	0,5897	0,31747	0,7733
70	11,7945	0,5897	0,31747	0,8137
80	11,7945	0,5897	0,31747	0,8578
90	11,7945	0,5897	0,31747	0,9009
100	11,7945	0,5897	0,31747	0,9431

Gambar 7. Grafik If Satu Fasa ke Tanah Dengan Waktu Kerja Relay (t) di Sisi Incoming (Xpress Feeder)



Gambar 6. grafik If satu fasa ke tanah dengan waktu kerja relay (t) di sisi Out Going (feeder tigo jangko)



Gambar Grafik 8. Arus Gangguan If ke Tanah Dengan Waktu Kerja Relay (t) Antara Incoming (Express Feeder) Dengan Out Going (feeder Tigo Jangko)

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Salah satu yang menyebabkan tripnya incoming karena adanya arus kapasitif pada masing-masing penyulang (feeder) maka perlunya setingan arus dan waktu pada masing-masing relai
2. Lokasi titik arus gangguan maksimum terjadi di 1 % dari panjang jaringan penyulang, artinya gangguan maksimum akan terjadi didekat gardu induk sedangkan lokasi titik arus gangguan minimum terjadi di 100 % dari panjang penyulang, artinya gangguan minimum

akan terjadi jauh dari gardu induk atau di dekat penyulang 20 KV.

3. Waktu settingan rele pada express feeder lebih lama dibandingkan dengan feeder Tigo Jangko yaitu untuk jarak 1% 0.68 dt untuk express feeder dan 0.3 dt untuk feeder Tigo Jangko
4. Untuk jarak 100 % maka settingan relay untuk express feeder 2,1367 detik dan untuk feeder Tigo Jangko 0.9431 detik

5. DAFTAR PUSTAKA

- 1.Armando Guzman, *Senior Member, IEEE*, Stanley Zocholl, Gabriel Benmouyal, *Mamber. IEEE*, and Hector J. Altuve, *Senior Member ,IEEE*, 2002, “**A Current-Based Solution for Transformer Differential Protection: Relay Description and Evaluation**”, IEEE Transaction on Power Delevry, Vol 17 No 4 October 2002.
- 2.Djiteng Marsudi, 1990, “**Operasi Sistem Tenaga Listrik**,” Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta.
- 3.GEC Measurements, 1975, “**Protektive relays application guide**,” p.l.c of England.
- 4.GUPTA J.B., 1996, “**Switchgear and Protection**,” (advanced Power Systems) Printed in India.
- 5.Jemjem Kurnain , Syofvi Felienty, 2001. “**Proteksi Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali**”, *Materi Kursus Sistem Proteksi Jawa Bali* Jakarta, PT. PLN
- 6.Lokakarya Bidang Proteksi UDIKLAT, Semarang.
PT. PLN Kantor Pusat Direktorat Pengusahaan Kerjasama dengan PT. PLN (Persero) PUSDIKLAT,1995.
- 7.Luces.M Faulkenberry, Walter Coffe, 1996.”**Electrical Power Distribution and Transmission** “, Prentice-Hall, Inc.
- 8.Pribadi Kadarisman, Wahyudi Sarimun.N,2005. ”**Proteksi Sistem Distribusi Untuk system Interkoneksi**,”PT. PLN
- 9.Roger C. Dugan, Mark F. McGranagan, H. Wayne Beaty, 1996 ,”**Electrical Power System Quallity**,” The McGraw-Hill Companies..
- 10 Soekarto, J. **Proteksi Sistem Distribusi Tegangan Menengah. LMK PT. PLN (Persero).**
- 11.Turan Gonen, 1998, “**Modern Power System Analysis**,” copyright John Wiley & Sons, Printed in the US
- 12.William D. Stevenson, Jr.1993”**Analisa Sistem Tenaga Listrik** edisi keempat,”Erlangga, Jakarta.
- 13.Zulkarnaini, Al, ” **Analisa setting Grund Foul Relai (GFR) untuk gangguan satu fasa ketanah pada Feeder 20 kV** jurnal unila 2009