

Simpatetik Trip Pmt Cell 20 Kv Pada Gardu Induk Lumajang

Muhammad A'an Auliy¹⁾, buing eko prasetiyo²⁾

^{1),2)}Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No.49 Jember
Email : aan.auliy@unmuhjember.ac.id

Abstrak. Sistem distribusi tenaga listrik 20 kV di Gardu Induk Lumajang menggunakan sistem pentanahan dengan tahanan 500 Ohm sehingga arus gangguan satu fasa ketanah maksimum adalah sebesar 25 Ampere. Untuk mendeteksi arus gangguan ini digunakan DGR (Directional Ground Relay) tipe EGR-EC. Apabila pada penyulang Randuagung terjadi gangguan satu fasa ke tanah, maka penyulang Bumirejo dan Suwandak yang dicatu dari bus yang sama dengan penyulang Randuagung juga ikut trip, kejadian trip bersamaan dikatakan simpatetik trip. Simpatetik trip pada penyulang Bumirejo dan Suwandak terjadi akibat adanya kebocoran arrester, body trafo dan body panel TR pada penyulang Bumirejo dan Suwandak. Input Io diperoleh dari arus residu yang ditimbulkan oleh arus total kebocoran arrester, body trafo dan body panel TR. Sedangkan input Vo diperoleh dari tegangan residu yang timbul akibat gangguan satu fasa ke tanah pada penyulang Randuagung. Arus total kebocoran arrester, body trafo dan body panel TR pada penyulang Bumirejo adalah sebesar 2.59 A dan pada penyulang Suwandak sebesar 2.36 A. Nilai arus bocor total pada penyulang Bumirejo dan Suwandak melebihi tap setting arus dari DGR tipe EGR-EC yakni sebesar 2 A. Setelah dilakukan perbaikan, arus total kebocoran arrester untuk penyulang Bumirejo adalah sebesar 0.012 A dan untuk penyulang Suwandak sebesar 0.041 A. Simpatetik trip tidak akan terjadi karena arus urutan nol penyulang tidak melebihi tap setting arus $I_0 = 2 A$ pada DGR.

Kata kunci : Gangguan satu fasa ke tanah, simpatetik trip, dan directional ground relay (DGR).

1. Pendahuluan

Sistem distribusi memegang peranan yang vital karena sistem ini langsung berhubungan dengan penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Tetapi terhubung dengan kondisi alam dan kondisi jaringan yang terbuka dimana saluran udara tegangan menengah disalurkan melalui alam bebas yang tidak terlepas dari gangguan eksternal sehingga terjadi hubungan singkat, maka pemadaman merupakan suatu kondisi yang tidak dapat dihindari. Untuk mengurangi dan mencegah dan juga memberi perlindungan pada peralatan, maka pada jaringan itu perlu dilengkapi alat proteksi. Penempatan yang tepat dari alat-alat proteksi serta koordinasi yang baik diantara peralatan ini akan memberikan suatu perlindungan yang baik pada sistem tersebut.

Gangguan yang sering terjadi pada jaringan 20 kV di gardu induk lumajang adalah gangguan 1 fasa ke tanah. Karena gardu induk lumajang menerapkan pola-1 : pengamanan distribusi *High Resistance* 500 Ohm, maka arus gangguan 1 fasa ke tanah maksimum 25 A sesuai Standar PLN 52-3 tahun 1983. Arus gangguan ini relatif kecil, untuk itu digunakan *Directional Ground Relay* (DGR) yang sensitif terhadap arus gangguan kecil dengan dilengkapi sudut (arah).

Permasalahan timbul pada gardu induk lumajang jika terjadi gangguan 1 fasa ketanah pada penyulang randu agung dari bus 20 kV Merlin Gerlin, maka penyulang bumirejo dan suwandak yang juga dicatu oleh bus Merlin Gerlin akan ikut terganggu (trip). Bagaimana perhitungan setting arus kerja rele DGR juga untuk mengirimkan signal kepada PMT bisa bekerja dengan baik Hal ini akan meningkatkan kualitas pasokan tenaga listrik ke konsumen PLN lumajang. Fenomena ini disebut dengan Simpatetik Trip.

Dalm penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui penyebab dari gangguan simpatitik trip penyulang 20 kv di gardu induk lumajang dan Untuk mempelajari, memahami, dan menganalisa gangguan simpatitik trip PMT Cell 20 kV pada gardu induk lumajang dengan proteksi menggunakan *Directional Ground Relay* (DGR).

Dalam penelitian ini metodologi yang digunakan penulis melaksanakan Survey lapangan di PT.PLN (PERSERO) Gardu Induk Lumajang. Dari hasil survey lapangan tersebut, penulis menemukan suatu permasalahan pada sistem kelistrikan di PT.PLN (PERSERO) Gardu Induk

Lumajang, yaitu sering terjadi Pemutus Tenaga (PMT) penyulang yang sehat menjadi trip (pelanggan pada penyulang ini menjadi padam) akibat penyulang lain yang terganggu pada Gardu Induk yang sama. Kasus pemadaman ini sering juga disebut gangguan “Simpatetik Trip”. Kejadian seperti ini sering terjadi pada gardu induk 20 kV di lingkungan PT. PLN UPJ Lumajang. Dari survey lapangan dalam penelitian ini mengambil data Data spesifikasi peralatan di gardu induk lumajang, data hasil pengukuran pada Gardu Trafo Tiang penyulang suwandak dan penyulang Bumirejo. Data-data dianalisa berdasarkan masalah yang ada dibandingkan dengan keadaan yang sebenarnya, maka langkah selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan. Dari pengambilan kesimpulan tersebut juga dicarikan solusi dan saran yang bermanfaat pada tempat penelitian.

Simpatetik Trip atau trip bersamaan penyulang pada perlu dilakukan pengkajian lebih mendalam guna mendapatkan solusi penyelesaian. Apabila terjadi gangguan pada suatu penyulang yang bersangkutan semestinya gangguan tersebut sudah bisa dilokalisir oleh system proteksi dari penyulang tersebut, namun nyatanya kasus Simpatetik Trip ini masih saja sering terjadi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena system jaringan yang Double Circuit (DCC) sehingga gangguan tidak dapat dihindari lagi, kegagalan dan keterlambatan mekanik PMT untuk melokalisasi gangguan atau karena kurang berfungsinya dengan baik system proteksi penyulang tersebut.

Sistem Satuan

Untuk memudahkan perhitungan atau analisa pada sistem tenaga listrik biasanya dipakai harga-harga dalam satuan. Harga-harga yang dinyatakan dalam satuan ini adalah harga yang sebenarnya ada dibagi harga dasar. Harga dasar ini dapat dipilih sembarang, jadi bila arus dinyatakan dalam harga satuan, disingkat pu, maka,

$$I_{pu} = I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{3\phi} \text{ dasar}}{kV_{LL} \text{ dasar} \times \sqrt{3}} (A) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : I_{pu} = Arus per unit
 I_{dasar} = arus nominal
 $kVA_{3\phi} \text{ dasar}$ = Daya Trafo
 $kV_{LL} \text{ dasar}$ = Tegangan jaringan

Demikian juga tegangan, daya dan impedansi dapat dinyatakan dalam harga satuan.

$$\text{Tegangan} : V_{pu} = \frac{V_{\text{ada}}}{V_d} pu$$

Dimana : V_{pu} = Tegangan per unit
 V_{ada} = Tegangan sebenarnya
 V_{dasar} = Tegangan nominal

$$\text{Daya kompleks} : S_{pu} = P_{pu} + jQ_{pu} = \frac{S_{\text{ada}}}{S_d} pu$$

Dimana : S_{pu} = Daya Semu per unit
 P_{pu} = Daya Nyata per unit
 jQ_{pu} = Daya Reaktif per unit
 S_{ada} = Daya sebenarnya
 S_d = Daya nominal

$$\text{Impedansi} : Z_{pu} = \frac{Z_{\text{ada}}}{Z_d} pu$$

Dimana : Z_{pu} = Impedansi per unit
 Z_{ada} = Impedansi sebenarnya
 Z_d = Impedansi nominal

Impedansi trafo urutan positif, negatif dan nol dari trafo $Z_t(pu)$ = sesuai rating trafo terpasang

Impedansi gangguan untuk gangguan maksimum $Z_f = 0$ Impedansi pentanahan netral pada trafo $Z_n = 500 \text{ ohm}$. Impedansi pentanahan netral dalam sistem per unit (pu) adalah:

$$Z_n(pu) = \frac{Z_n}{Z_{dasar}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : $Z_n pu$ = Impedansi pentanahan netral per unit
 Z_n = Impedansi pentanahan netral trafo
 Z_{dasar} = Impedansi nominal
 $3Z_n = 3 \times Z_n pu$

Pemilihan Harga – Harga Dasar

Suatu trafo mempunyai tegangan impedansi 12.5% atau persentase

tegangan impedansi = $\frac{IZ}{V} \times 100\% = 12.5\% \dots\dots\dots (3)$

rugi impedansi per satuan = $\frac{IZ}{V} = 0,125$

dimana :

- I = arus nominal ,
- V = tegangan nominal antara jala-jala dan netral dan
- Z = impedansi jala-jala ke netral.

Karena nilai ini adalah rugi tegangan untuk arus nominal, bilangannya sama dengan impedansi per satuan karena tegangan nominal pada dasar yang sama, nilainya sama dengan satu, dan arus nominal juga sama dengan satu, sehingga

$$\frac{I.Z}{V} = 0,125$$

Jadi impedansi per satuan (unit) = $Z_t = 0,125$

$$Z = \frac{IZ}{E} = \frac{Z}{E/I}$$

Dapat disimpulkan:

Nilai per satuan = nilai sebenarnya / nilai dasar

Untuk system fasa 3 : $KVA.1000=3VI$, $I = \frac{KVA.1000}{3V}$. Nilai ini disubsitusikan

ke dalam persamaan $z = \frac{I.Z}{V}$, dan diperoleh $z = \frac{I.Z}{V} = \frac{KVA.1000.Z}{3V^2}$

Catatan: Tegangan jala-jala = $\sqrt{3}$ tegangan fasa

$$V_L = \sqrt{3}V$$

$$(V_L)^2 = (\sqrt{3}V)^2$$

$$V_L^2 = 3V^2$$

$$V_L = KV.1000 \rightarrow V_L^2 = (KV)^2 \cdot 10^6$$

$$z = \frac{KVA.1000.Z}{V_L^2} = \frac{KVA.1000.Z}{(KV)^2 \cdot 10^6} = \frac{Z.KVA}{1000(KV)^2}$$

Apabila ada beberapa kapasitas sedangkan tegangan nominalnya sama, maka diperlukan nilai *equivalent* pada dasar KVA yang sama.

Indeks 1 = dasar pertama

Indeks 2 = dasar kedua

$$\text{Jadi } Z_1 = \frac{Z.(KVA)_1}{1000(KV)^2} \left. \vphantom{\frac{Z.(KVA)_1}{1000(KV)^2}} \right\} Z_1 = \frac{\frac{Z.(KVA)_1}{1000(KV)^2}}{\frac{Z.(KVA)_2}{1000(KV)^2}}$$

$$Z_2 = \frac{Z \cdot (KVA)_2}{1000(KV)^2}$$

Maka $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{(KVA)_2^2}{(KVA)_1^2}$ sehingga

$$Z_1 = \frac{(KVA)_2^2}{(MVA)_1} Z_2 \text{ atau } Z_2 = \frac{(KVA)_2^2}{(MVA)_1} Z_1$$

B) Impedansi dasar dapat ditentukan

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV_{LL}^2 \text{dasar}^2}{MVA_{3\phi} \text{dasar}} (\Omega) \dots\dots\dots (4)$$

Impedansi ini dalam satuan ohm. Apabila tegangan nominal berbeda-beda sedangkan kapasitasnya sama, maka diperlukan nilai equivalent pada dasar kilovolt yang sama atau KV yang sama, sehingga dapat disimpulkan:

$$Z_1 = \frac{(KVA)_2^2}{(MVA)_1^2} Z_2 \text{ atau } Z_2 = \frac{(KVA)_1^2}{(MVA)_2^2} Z_1$$

Gangguan Hubungan Singkat Satu Fasa Ke Tanah (ϕ -G)

Dari persamaan umum dan persamaan kondisi diperoleh perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada penyulang :

$$I_a \text{ (pu)} = 3 I_{a1} \dots\dots\dots (5)$$

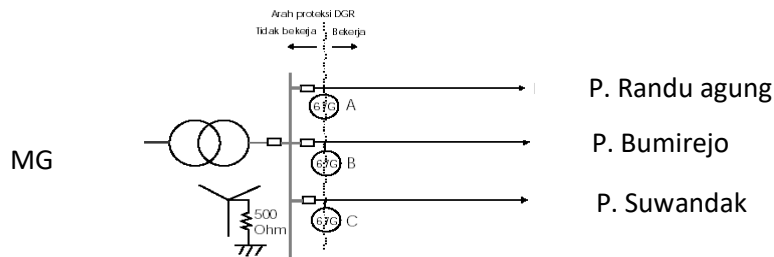
$$I_f = I_a = I_a \text{ (pu)} \times I_{\text{dasar}} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana : I_a = Arus dasar per unit (pu)

I_f = Arus hubung singkat 1 fasa (A)

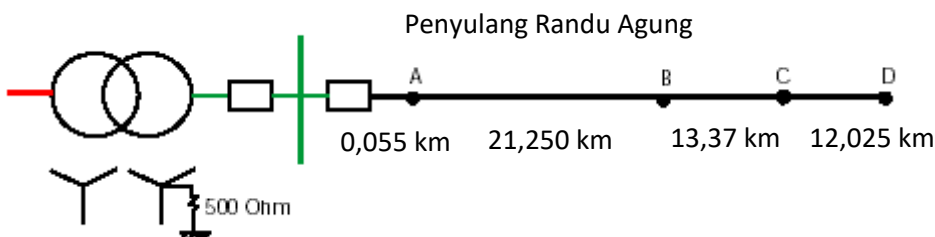
2. Pembahasan

Jaringan distribusi primer 20 kV Gardu Induk Lumajang mendapat catu daya dari sebuah transformator I 150 kV / 20 kV – 60 MVA dan dari transformator II 150 kV / 20 kV – 30 MVA.



Gambar 1. Pemasangan DGR Beserta Arah Proteksinya

Perhitungan arus gangguan satu fasa ke tanah diperlukan agar dapat menentukan setting DGR yang tepat.



Gambar 2. Penyulang Randu Agung

$kVA_{3\phi}$ dasar = 60000 (sesuai dengan rating trafo yang digunakan)
 kV_{LL} dasar = 20 (sesuai dengan tegangan kerja)

$$I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{3\phi} \text{ dasar}}{kV_{LL} \text{ dasar} \times \sqrt{3}} = \frac{60000}{20 \times \sqrt{3}} = 1732,05088 \text{ (A)}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{kV_{LL} \text{ dasar}^2}{MVA_{3\phi} \text{ dasar}} = \frac{20^2}{60} = 6,7 (\Omega)$$

Impedansi trafo urutan positif, negatif dan nol dari trafo $Z_t(\text{pu}) = j0,125$ (sesuai rating trafo)
Impedansi gangguan untuk gangguan maksimum $Z_f = 0$ Impedansi pentanahan netral pada trafo $Z_n = 500$. Impedansi pentanahan netral dalam sistem per unit (pu) berdasarkan rumus 2.1 adalah:

$$Z_n(\text{pu}) = \frac{500}{6,7} = 74,6 \Rightarrow 75 \text{ pu}$$

$$3Z_n = 225 \text{ pu}$$

Arus urutan maksimum:

$$I_{a_1}(\text{pu}) = \frac{1}{225 + j0,375}$$

$$= 0,004444438272 \angle -0,0954928^\circ$$

Perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah maksimum pada penyulang randu agung:

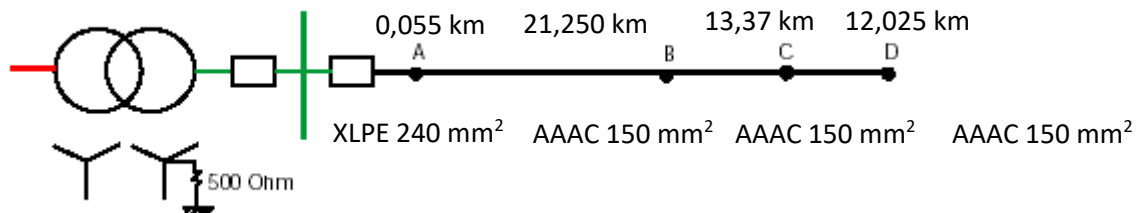
$$I_a(\text{pu}) = 3 I_{a_1}$$

$$= 0,0133333148 \text{ pu}$$

$$I_f = I_a = I_a(\text{pu}) \times I_{\text{dasar}}$$

$$= 23,09397867 \text{ A}$$

Gangguan Penyulang Randuagung Pada Titik A



Gambar 3. Gangguan Penyulang Randuagung Pada Titik A

Dari gambar diatas, apabila terjadi gangguan pada titik A, maka akan mencakup semua SKTM dan SUTM pada *section* 1 yang menggunakan konduktor XLPE 240 mm² dengan panjang 0,055.

Tabel 1. Impedansi Saluran pada Konduktor (SPLN 64: 1985)

Konduktor	Impedansi Urutan (ohm/km)		
	Z1	Z2	Z0
XLPE 240 mm ²	0,206 + j 0,104	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312
AAAC 150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180

Impedansi urutan dari saluran hingga titik A adalah :

XLPE 240 mm² dengan panjang 0,055 km.

$$Z_1 = Z_2 = (0,206 + j 0,104) \times 0,055 = 0,01133 + j0,0057199 \text{ Ohm}$$

$$Z_0 = (0,356 + j 0,312) \times 0,055 = 0,01958 + j0,01716 \text{ Ohm}$$

- Level Tegangan 20 kV
Berdasarkan harga dasar pada tabel 1, maka:

$$Z_1(\text{pu}) = Z_2(\text{pu}) = \frac{0,01133 + j0,0057199}{6,7}$$

$$= 0,0016910 + j0,0001 \text{ pu}$$

$$Z_0(\text{pu}) = \frac{0,01958 + j0,01716}{6,7}$$

$$= 0,131186 + j0,114972 \text{ pu}$$

$$Z_f(\text{pu}) = \frac{35}{6,7} = 5,223881 \text{ pu}$$

$$3Z_f(\text{pu}) = 15,671643 \text{ pu}$$

$$I_{a1}(\text{pu}) = \frac{1}{240,806211 + j0,491972}$$

$$= 0,0041527 \angle -0,1170562^\circ$$

Harga arus hubung singkat 1 fasa ke tanah minimum adalah :

$$I_f = I_a = I_{a1}(\text{pu}) \times I_{\text{dasar}}$$

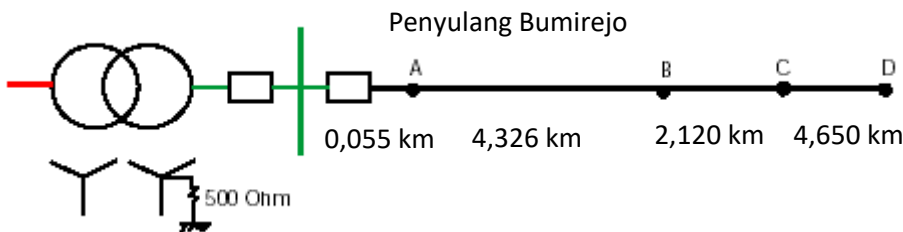
$$= 0,0041527 \times 1732,050808$$

$$= 7,1926873 \text{ A}$$

Tabel 2. Hasil perhitungan arus gangguan satu fasa ketanah maksimum dan minimum

Arus Gangguan (A)					
Teg	Maksimum	Minimum			
		A	B	C	D
20	23,09397867	7,1926873	7,1183824	7,0669405	7,0193091

Gangguan Penyulang Bumirejo Pada Titik A

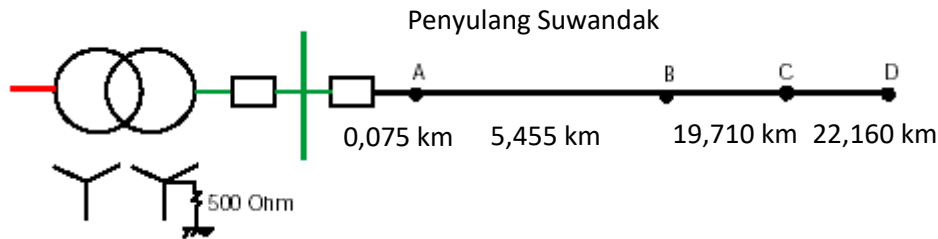


Gambar 4. Gangguan Penyulang Bumirejo Pada Titik A

Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah Maksimum dan Minimum Pada Penyulang Bumirejo

Arus Gangguan (A)					
Teg	Maksimum	Minimum			
		A	B	C	D
20	23,09397867	7,1926873	7,1809094	7,1732884	7,1563143

**Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ketanah Penyulang Suwandak
Gangguan pada titik A**

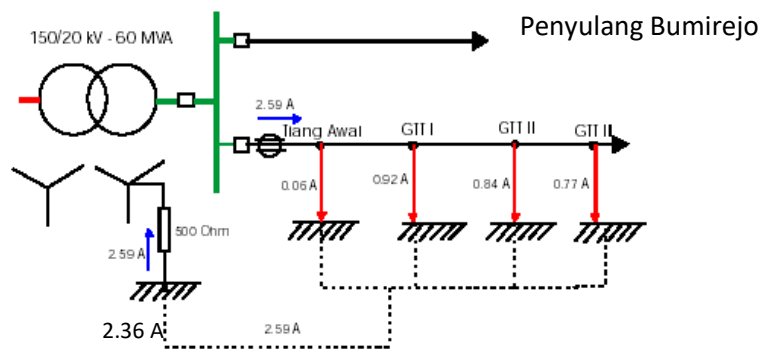


Gambar 5. Gangguan Penyulang Suwandak Pada Titik A

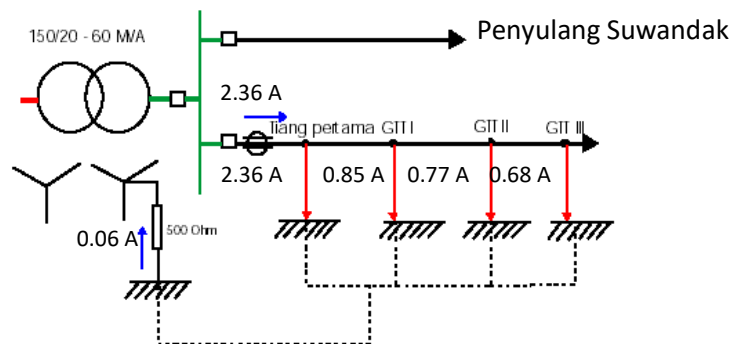
Tabel 4. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah Maksimum dan Minimum pada Penyulang Suwandak

Arus Gangguan (A)					
Teg	Maksimum	Minimum			
		A	B	C	D
20	23,09397867	7,1963246	7,1701707	7,0969049	7,0101292

Kebocoran Pada Tiang Awal dan GTT



Gambar 6. Kebocoran Pada Penyulang Bumirejo



Gambar 7. Kebocoran Pada Penyulang Suwandak

DGR dari penyulang Bumirejo akan memperoleh input I_o sebesar 2.59 A dan DGR dari penyulang Suwandak akan memperoleh input I_o sebesar 2.36 A.

Input I_o ini melebihi setting arus kerja dari DGR (pada $I_o = 2$ A). Tetapi DGR belum bekerja karena belum memperoleh input V_o .

Dihitung besarnya arus total kebocoran *arrester* pada penyulang Bumirejo setelah perbaikan yakni:

$$I \text{ bocor total} = (0.001A \times 12 \text{ GTT}) + (0.001A \times 1 \text{ Tiang Awal})$$

$$I \text{ bocor total} = 0.012 \text{ A}$$

Dapat dihitung besarnya arus total kebocoran *arrester* pada penyulang Suwandak setelah perbaikan yakni:

$$I \text{ bocor total} = (0.001A \times 41 \text{ GTT}) + (0.001A \times 1 \text{ Tiang Awal})$$

$$I \text{ bocor total} = 0.041 \text{ A}$$

3. Kesimpulan

Dari Analisis Gangguan Simpatetik Trip PMT Cell 20 Kv Pada Gardu Induk Lumajang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada Gardu Induk Lumajang terdapat dua belas (12) penyulang yang menggunakan SKTM dan SUTM yang bersumber dari Cell 20 kV TRAFO I dan Cell 20 kV TRAFO II dimana hubungan belitan dari transformator daya tersebut Y – Y dengan titik netral pada sekunder trafo ditanahkan melalui tahanan 500 ohm.
2. Simpatetik trip pada penyulang Bumirejo dan Suwandak terjadi akibat adanya kebocoran *arrester*, body trafo dan body panel TR pada penyulang Bumirejo dan Suwandak. Input I_o diperoleh dari arus residu yang ditimbulkan oleh arus total kebocoran *arrester*, body trafo dan body panel TR. Sedangkan input V_o diperoleh dari tegangan residu yang timbul akibat gangguan satu fasa ke tanah pada penyulang Randuagung. Arus total kebocoran *arrester*, body trafo dan body panel TR pada penyulang Bumirejo adalah sebesar 2.59 A dan pada penyulang Suwandak sebesar 2.36 A. Nilai arus bocor total pada penyulang Bumirejo dan Suwandak melebihi tap setting arus dari DGR tipe EGR-EC yakni sebesar 2 A.
3. Setelah dilakukan perbaikan, arus total kebocoran *arrester* untuk penyulang Bumirejo adalah sebesar 0.012 A dan untuk penyulang Suwandak sebesar 0.041 A. Simpatetik trip tidak akan terjadi karena arus urutan nol pada masing-masing penyulang tidak melebihi tap setting arus $I_o = 2 \text{ A}$ pada DGR.
4. Isolator dan *arrester* yang terkontaminasi (sudah tua dan ada tanda-tanda flash over) harus segera diganti, karena kondisi tersebut juga dapat menyebabkan gangguan Simpatetik Trip. Berisi berbagai kesimpulan yang di ambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Merupakan pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Kesimpulan dapat berbentuk paragraf namun sebaiknya berbentuk point-point dengan menggunakan *numbering*.

Daftar Pustaka

- [1]. *Data dan Arsip PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK LUMAJANG*. 2007. Lumajang.
- [2]. *Perusahaan Umum Listrik Negara. SPLN 52-3 :1983 Pola Pengamanan Sistem*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, 1983.
- [3]. *Perusahaan Umum Listrik Negara. SPLN 64 :1985 Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, 1985.
- [4]. *Panitia Revisi PUIL. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta: YAYASAN PUIL.