

ANALISIS REPOSISI RELE GANGGUAN TANAH TERBATAS DAN STAND BY GANGGUAN TANAH NGR TRAF0 DAYA 30 MVA GI BUKIT SIGUNTANG

Yuslan Basir¹, Ilham Juliando²
yuslanbasir.1958@gmail.com

Dosen Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang¹
Alumni Prodi Teknik Elektro UTP²

ABSTRAK

Sistem pentanahan menggunakan NGR adalah salah satu sistem pentanahan yang banyak digunakan saat ini, di gardu induk Bukit Siguntang masih terdapat desain NGR dan pola NGR lama sehingga pada saat terjadi breakdown pada isolator tumpuh NGR yang diakibatkan oleh gangguan penyulang, posisi rele gangguan tanah terbatas atau REF dan relestand by gangguan tanah atau SBEF tertukar/tidak sesuai dengan buku **SPLN T5.003-1 : 2010** tentang pola proteksi trafo daya menyebabkan rele trafo daya tidak bekerja pada segmennya dikarenakan posisi current transformer rele REF dan rele SBEF yang tertukar di NGR trafo daya. Nilai setting arus pada CT REF adalah 200 A dengan waktu setting instan, nilai setting pada CT SBEF sebesar 10 % dari nilai arus maksimum NGR sebesar 30 A sebagai pengaman dari NGR. Arus hubung singkat satu fasa tanah pada penyulang sebesar 271,266 ampere menyebabkan rele REF bekerja, hal itu mengakibatkan rele REF bekerja bukan pada zona kerjanya. Maka dari itu dilakukan reposisi pada rele REF dan SBEF agargangguan yang terjadi pada NGR akan dideteksi oleh relai SBEF, bukan oleh relai REF.

Kata Kunci: *Reposisi, Rele Gangguan Tanah Terbatas, Rele Stand By Gangguan Tanah, NGR, Trafo Daya.*

I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen yang berperan penting pada gardu induk adalah trafo daya, trafo daya merupakan suatu peralatan yang sangat vital. Oleh karena itu, sistem proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi trafo dari gangguan. Salah satu proteksi yang harus diperhatikan pada trafo daya adalah sistem pentanahan. Untuk proteksi pada sistem pentanahan, maka dipasang NGR (*Neutral Grounding Resistor*) 40 Ohm.

Sistem pentanahan menggunakan NGR adalah salah satu sistem pentanahan yang banyak digunakan saat ini, di gardu induk Bukit Siguntang masih terdapat desain NGR dan pola NGR lama sehingga pada saat terjadi breakdown pada isolator tumpuh NGR yang diakibatkan oleh gangguan penyulang, posisi rele REF dan rele SBEF tertukar/tidak sesuai dengan buku **SPLN T5.003-1 : 2010** tentang pola proteksi trafo daya menyebabkan PMT 20 kV incoming trafo daya dan PMT 70 kV trip dengan indikasi REF atau rele trafo daya tidak bekerja pada segmennya dikarenakan posisi current transformer rele REF dan rele SBEF yang tertukar di NGR trafo daya.

Untuk itu dilakukan reposisi pada current transformer rele gangguan tanah terbatas/REF dan current transformer rele stand by gangguan tanah/SBEF sehingga proteksi pada trafo daya dapat bekerja pada masing-masing segmennya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. TRANSFORMATOR DAYA

Transformator Daya adalah peralatan tenaga listrik statis yang berfungsi untuk memindahkan daya satu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu, maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan system dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian lainnya.

2.2. NGR

Salah satu metoda pentanahan trafo daya adalah dengan menggunakan NGR. NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang seri dengan netral sekunder pada trafo daya sebelum terhubung ke ground/tanah. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral trafo daya ke tanah.



Gambar 1 Netral Grounding Resistor (NGR)

Untuk perhitungan Resistansi pada NGR dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$R = \frac{V_n}{I}$$

Keterangan :

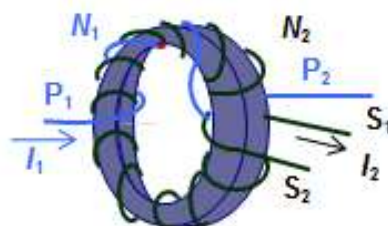
R = Resistansi NGR (Ohm)

V_n = Tegangan fasa netral $\frac{20kv}{\sqrt{3}} = 11.547$ (kV)

I = Arus maksimum pada name plate NGR (Ampere)

2.3. Trafo Arus (Current Transformer)

Prinsip kerja trafo arus adalah sebagai berikut:



Gambar 2 Rangkaian Trafo Arus

Pada transformator arus prinsip kerja transformator arus sama dengan Transformator daya. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti, kemudian membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) pada kumparan sekunder. Jika terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 , arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder.

2.4. Rele Gangguan Tanah Terbatas (REF)

Restricted Earth Fault (REF) atau relai gangguan tanah terbatas digunakan bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah di dekat titik netral transformator guna melindungi transformator tersebut. Gangguan tersebut biasanya merupakan gangguan yang tidak dirasakan oleh relai diferensial yang berfungsi untuk melindungi belitan transformator dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Untuk perhitungan setting arus maksimum CT REF adalah sebagai berikut :

$$I_{maksCTREF} = 0,2 (SI) \times I_{maksCTterpasang}$$

2.5. Rele Stand By Gangguan Tanah (SBEF)

Stand By Earth Fault (SBEF) adalah proteksi yang dipasang pada NGR untuk melindungi NGR terhadap arus lebih serta untuk mengamankan NGR dari hubung singkat fasa tanah. Relai SBEF ini harus dikoordinasikan dengan relai GFR karena relai SBEF harus bekerja paling akhir sebagai pengaman NGR. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan untuk penyetelan SBEF adalah ketahanan termis dari NGR perlu diperhatikan untuk pemilihan waktu dan karakteristik relai SBEF ini dikarenakan arus yang mengalir menuju NGR telah dibatasi oleh resistansi yang terpasang pada NGR. Untuk perhitungan arus maksimum CT SBEF dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$I_{maksNGR} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot R_{ngr}}$$

2.6. Perhitungan Arus Gangguan Penyulang

a) Perhitungan Impedansi Sumber

Untuk mencari perhitungan impedansi sumber :

Perhitungan $MVA_{short\ circuit}$ (MVA_{SC})

$$\begin{aligned} MVA_{(ShortCircuit)} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \text{ (MVA)} \\ \text{Arus } (I_{SC}) &= \frac{MVA_{(sc)}}{\sqrt{3} \cdot V_{primer}} \end{aligned}$$

Selanjutnya, menghitung impedansi sumber:

$$\begin{aligned} X_{sc1} &= \frac{(kV_1)^2}{MVA_{(sc)}} \\ X_{sc2} &= \frac{(kV_2)^2}{(kV_1)^2} \times X_{sc1} \end{aligned}$$

Dimana :

X_{sc1} = Reaktansi (impedansi) sumber sisi primer (ohm)

X_{sc2} = Reaktansi (impedansi) sumber sisi sekunder (ohm)

kV_1 = Tegangan primer trafo (kV)

kV_2 = Tegangan sekunder trafo (kV)

Reaktansi pada Trafo yang tercantum pada name plate pada trafo tenaga, Besarnya tergantung kapasitas trafo tenaga dimana $X_{T1} = X_{T2}$ dengan rumus :

$$X_T = \frac{(kV_2)^2}{(MVA_{trafo})} \times \text{impedansi trafo (100\%)}$$

Dimana :

X_T = Reaktansi trafo (ohm)

Impedansi trafo = Impedansi pada name plat trafo (%)

b) Perhitungan Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi jaringan distribusi 20 kV adalah impedansi (ohm/km), besarnya tergantung luas penampang, nilai impedansi dalam ohm yang tergantung pada panjang kawat. Nilai $Z_1 = Z_2$ dan Z_0 sesuai dengan jenis penghantar.

Impedansi urutan Positif dan Negatif :

$$Z_1 = Z_2 = (R + jx) \times L \text{ (ohm)}$$

Impedansi urutan Nol :

$$Z_0 = (R + jx) \times L \text{ (ohm)}$$

Jika nilai impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang telah di dapat, maka setiap nilai impedansi urutan dijumlahkan untuk mendapatkan impedansi ekuivalen urutan,

Maka :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{1S} + Z_{1T} + Z_{1F}$$

Dimana :

Z_{1eq} = Nilai impedansi ekuivalen urutan positif (ohm/km)

Z_{2eq} = Nilai impedansi ekuivalen urutan negative (ohm/km)

Z_{1S} = Nilai impedansi sumber (ohm)

Z_{1T} = Nilai impedansi trafo (ohm)

Z_{1F} = Nilai impedansi penyulang (ohm)

Sedangkan untuk impedansi ekuivalen urutan nol perlu dipertimbangkan besarnya tahanan pentanahan (R_n), sehingga didapat :

$$Z_{0eq} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0F}$$

Dimana :

Z_{0eq} = Nilai impedansi ekuivalen urutan nol (ohm/km)

Z_{0T} = Nilai impedansi trafo urutan nol (ohm/km)

R_n = Tahanan NGR (ohm)

c) Perhitungan Arus Hubung Singkat

Berikut untuk menghitung arus hubung singkat gangguan penyulang :

Untuk arus gangguan 3 fasa :

$$I_{sc3} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

Untuk arus gangguan 2 fasa :

$$I_{sc2} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

Untuk arus gangguan 1 fasa ke tanah :

$$I_{sc1} = \frac{3.V_n}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

Dimana :

$$V_{ph} = \text{Tegangan fasa – netral sistem } 20 \text{ kV (Volt)}$$

$$R_{total} = 9.8\Omega + 9.7\Omega + 9.7\Omega + 9.7\Omega = 38.9\Omega$$

Untuk perhitungan selisih resistansi sel NGR sesuai standar pada name plate NGR adalah $\pm 10\%$, dimana :

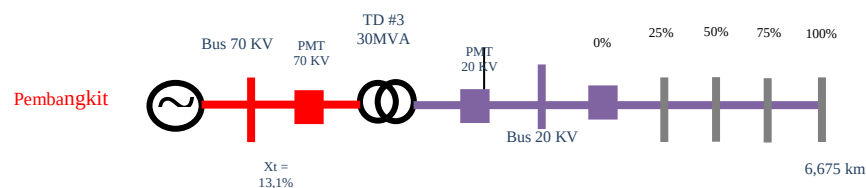
$$= R_{\text{nameplate}} - R_{\text{pengukuran}}$$
$$= 40 \, \Omega - 38,9 \, \Omega = 1,1 \, \Omega$$

b) Hasil Pengujian Isolator Tumpuh

Pada pengujian isolator tumpuh yang ada di NGR didapatkan nilai yang sangat rendah dikarenakan terjadinya flash pada isolator tumpuh yang ada didalam NGR , sehingga arus gangguan yang seharusnya mengalir melewati tahanan NGR tetapi karena terjadinya breakdown pada isolator arus mengalir ke body NGR dan terjadinya hubung singkat. nilai tahanan isolasi yang didapat saat dilakukan pengujian pada isolator tumpuh pada NGR sebesar 516 k Ω , artinya tahanan isolasi pada isolator tumpuh NGR tidak memenuhi standar dimana sesuai standar IEEE Std 62: 1995 dan VDE *Catalogue* 228/4 untuk tahanan isolasi peralatan adalah >1 M Ω / 1 kV.

4.2. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Banteng

Perhitungan gangguan hubung singkat ini dihitung besarnya berdasarkan Panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi pada posisi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% Panjang penyulang.



Gambar 4 Sketsa Penyulang

a) Perhitungan Impedansi Sumber

Data hubung singkat pada trafo sisi 30 MVA sebesar 1.224 kVA dengan Kapasitas Sumber 30 MVA.

$$X_{sc1} = \frac{(70 \text{ kV})^2}{1.224 \text{ kVA}} = \frac{4900 \text{ kV}}{1.224 \text{ kVA}} = 4,0032 \Omega$$

Untuk sisi 20 kV didapat nilai :

$$\begin{aligned} X_{sc2}(\text{sisi sekunder}) &= \frac{(20 \text{ KV})^2}{(70 \text{ KV})^2} \times 4,0032 \, \Omega \\ &= \frac{400 \text{ KV}}{4900 \text{ KV}} \times 4,0032 \Omega = 0,327 \, \Omega \end{aligned}$$

b) Perhitungan Impedansi Pada Transformator

Diketahui reaktansi Trafo pada name plate sebesar 13,1%. Untuk menghitung nilai Impedansi dasar pada trafo sisi 20 KV, maka nilai yang di dapat :

$$X_T = \frac{(20 \text{ KV})^2}{30 \text{ MVA}} \times 13,1 \% = 1,75 \Omega$$

Reaktansi $X_T = X_{T1} = X_{T2}$ yaitu reaktansi positif (X_{T1}) dan reaktansi negatif (X_{T2}) = 1,75Ω , Karena TD 30 MVA #3 mempunyai belitan Y-Y , untuk nilai impedansi urutan nol pada transformator (X_{T0}) = $3 \times 1,75\Omega = 5,25 \Omega$.

c) Perhitungan Impedansi Saluran Penyulang Banteng

Impedansi penyulang/feeder akan dihitung tergantung dari besarnya impedansi per km (ohm/km) dari penyulang banteng yang akan dihitung, dimana nilainya ditentukan dari jenis penghantar A3C 150 mm² dengan panjang total saluran 6,675 km, nilai impedansi urutan positif, negative, dan nol didapat dengan cara sebagai berikut :

Dihitung pada 100% Jaringan terdiri dari :

- Impedansi urutan positif dan negative A3C 150 mm², panjang 6,675 km

$$\begin{aligned} Z_{1F} = Z_{2F} &= (0,2162 + j0,3305) \Omega \times 6,675 \text{ km} \\ &= 1,4431 + j2,2061 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

- Impedansi urutan nol A3C mm², panjang 6,675 km

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3631 + j1,6180) \Omega \times 6,675 \text{ km} \\ &= 2,4237 + j10,8002 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

d) Perhitungan Impedansi Ekuivalen Saluran Penyulang Banteng

Impedansi ekuivalen urutan positif dan negative di jaringan penyulang Banteng didapat nilai impedansi ekuivalen nya sebesar :

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= j0,327 + j1,75 + (1,4431 + j2,2061) \\ &= 1,4431 + j4,2831 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mencari nilai impedansi ekuivalen urutan nol pada jaringan penyulang Banteng adalah

$$\begin{aligned} Z_{0eq} &= j5,25 + 3,40 + 2,4237 + j10,8002 \\ &= 122,4237 + j16,0502 \Omega/\text{km} \end{aligned}$$

e) Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa, 2 Fasa dan 1 Fasa Tanah

Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah. Pada perhitungan arus gangguan hubung singkat tersebut, diperlukan Nilai impedansi total yaitu $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, selanjutnya dihitung arus gangguan penyulangnya.

- arus gangguan 3 fasa penyulangnya didapatkan nilai sebesar :

$$I_{sc3} = \frac{20000 \text{ V}/\sqrt{3}}{X_{sc2} + X_{T1} + Z_{1F}} = 2,5 \text{ kA}$$

- arus gangguan 2 fasa penyulangnya dengan menggunakan persamaan 2.18 :

$$I_{sc2} = \frac{20000 \text{ V}}{(2 \times X_{sc2}) + (2 \times X_{T1}) + (2 \times Z_{1F})} = 2,2 \text{ kA}$$

- Sedangkan Untuk menghitung arus gangguan 1 fasa ke tanah penyulang, didapatkan nilai sebesar :

$$I_{sc1} = \frac{3 \times \frac{20000 \text{ V}}{\sqrt{3}}}{(2 \times X_{sc2}) + (2 \times X_{T1}) + (2 \times Z_{1F}) + (3 \times R_n) + (X_{T0}) + (Z_{0F})} = 271,266 \text{ Ampere}$$

Maka dapat dibuat suatu perbandingan besarnya arus gangguan terhadap titik gangguan (lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam %) dapat menggunakan tabel berikut ini :

Tabel 3 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Panjang Penyulang (%)	Jarak (km)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa ke tanah
0	0	5559,626	4814,636	287,801
25	1,669	4352,288	3769,081	283,848
50	3,338	3541,174	3066,657	279,757
75	5,006	2972,010	2573,760	275,555
100	6,675	2554,905	2212,548	271,266

4.3. Perhitungan Setting Arus Relai REF dan Relai SBEF

- Untuk perhitungan setting arus maksimum CT REF didapatkan nilai :

$$I_{maksCTREF} (Primer) = 0,2 (SI) \times 1000 = 200 \text{ A}$$

Dengan waktu (t) REF adalah 0,23 detik (SI) (Instan)

- Untuk perhitungan arus maksimum CT SBEF didapatkan nilai :

$$I_{maksNGR} = \frac{20kv}{\sqrt{3} \cdot 38,49 \Omega} = 300 \text{ A}$$

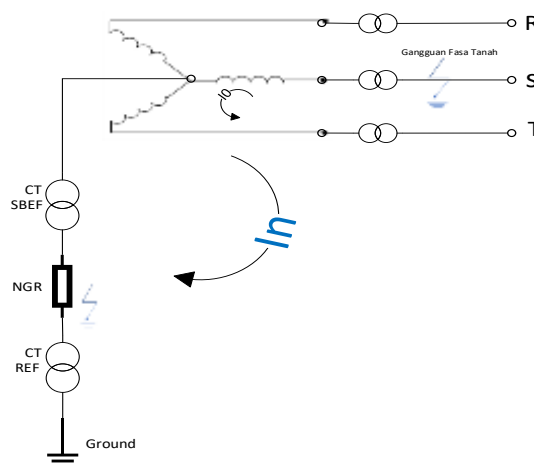
Untuk arus maksimum NGR ke tanah adalah 10% dari arus maksimum NGR, yaitu $I_o = 300 \times \frac{10}{100} = 30 \text{ A}$

Dengan waktu (t) SBEF adalah 0,36 detik (LTI)

$$t = \frac{tms \times 120}{\left(\frac{I_1 f_{20}}{I_{sp}}\right)^{1-1}} = 1,545$$

$$T_{ms} = \frac{t \left(\frac{I_1 f_{20}}{I_{sp}}\right)^{1-1}}{120} = 0,364 \text{ Dipilih } 0,36 \text{ LTI}$$

4.4. Pengaruh Posisi CT Rele REF dan SBEF Terbalik



Gambar 5 Rangkaian CT Rele REF dan SBEF Sebelum di Reposisi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] a-noname, Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator PT.PLN (Persero) No.0512-2.K/DIR/2014.
- [2] Hutaeruk. TS. “Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan”. Erlangga. Jakarta. 1991.
- [3] a-noname, Perkuliahan Program D1 Ophar Gi & Transmisi Calon Pegawai, PT PLN(Persero), Kampus PLN Unit Diklat Bogor.
- [4] a-noname, Buku Pedoman Trafo Arus Final PT. PLN (Persero) No.0512-2.K/DIR/2014.
- [5] a-noname, *Materi diklat pengenalan sistem proteksi gardu induk Rele Arus lebih (OCR/GFR)*, PT.PLN (Persero) P3B Sumatera bidang transmisi proteksi, Padang, 2008.
- [6] Sarimun, Wahyudi. “*Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*” Garamond. Depok. 2012.
- [7] L.Tobing, Bonggas. “Peralatan Tegangan Tinggi”. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 2013.
- [8] Arif Firdaus, Muhammad. Studi dan Evaluasi Setting Relai Arus Lebih pada Transformator Daya di Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru , Jurnal Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru.2017.
- [9] a-noname, IEEE Guide For Diagnostic Field Testing of Electric Power Apparatus-Part1:Oil Filled Power Transformers, Regulators, and Reactors. IEEE Power Engineering Society-Std 62-1995.