

Analisa Gangguan Arus Lebih Terhadap Kondisi Netral *Grounding Resistance* Aplikasi PT PLN (Persero) Gardu Induk Lamhotma

Yusniati

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sumatera Utara
 Jl. Sisingamangaraja Teladan Kelurahan Teladan Barat, Medan, Indonesia
 Email : yusniatichaniago@gmail.com

Abstrak—Transformator tenaga pada gardu induk berfungsi untuk menyalurkan daya / tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Pada bagian transformator terdapat netral *grounding resistance* yang dipasang serial dengan netral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke ground / tanah yang berfungsi untuk memperkecil arus gangguan. Salah satu kelemahan system pentanahan NGR adalah saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, arus gangguan tanah dapat membesar melebihi batas nilai NGR yang dipergunakan. Hal ini dapat menyebabkan rusaknya NGR dan peralatan lainnya. Penelitian ini membahas tentang gangguan arus lebih pada NGR pada keadaan normal dengan panjang saluran kabel 28.215,244 *feet* dan pada tegangan 20 kV arus kapasitansi ketanah dengan perhitungan secara manual diperoleh $I_{co} = 1,167$ A dan apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah maka arus semakin besar $I_g = 4,61$ A. Untuk mencegah membesarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ini maka dilakukan pengukuran terhadap neutral grounding resistance.

Kata Kunci : Transformator, NGR, Pentanahan

Abstract — The power transformer at the substation serves to deliver power from high voltage to low voltage or vice versa. In the transformer section there is a neutral grounding resistance mounted serially with the secondary neutral on the transformer before connecting to ground / ground that serves to minimize the fault current. One of the disadvantages of the NGR grounding system is when there is a short-circuit one-phase interruption to the ground, the soil disturbance current may be larger than the NGR value limit used. This can cause damage to NGR and other equipment. This study discusses more current flows in NGR under normal circumstances with cable channel length 28,215,244 *feet* and at a 20 kV voltage of ground capacitance with manual calculations obtained $I_{co} = 1.167$ A and in case of one-phase disturbance to the ground the greater the current $I_g = 4.61$ A. To prevent the enlargement of short circuit current one phase of this phase, then the measurement of neutral grounding resistance.

Keywords: Transformer, NGR, Ground

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di segala bidang menuntut PLN agar dapat menyediakan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen. Namun dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, sering terjadi gangguan pada jaringan. Gangguan hubung singkat sebagai salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai karakteristik *transient* yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan *magnitude* lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada konduktor, bunga api listrik dan keadaan terburuk yaitu kegagalan operasi sistem secara keseluruhan.

Pada sistem pentanahan titik netral bila terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah arus gangguan yang timbul akan besar dan busur listrik tidak dapat lagi padam dengan sendirinya timbulnya gejala-gejala “busur listrik ke tanah (*arcing ground*)” sangat berbahaya karena menimbulkan tegangan lebih *transient* yang dapat merusak peralatan. Apabila hal

dias dibiarkan, maka kontinuitas penyaluran tenaga listrik akan terhenti yang berarti dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar. Oleh karena itu sistem-sistem tenaga listrik tidak lagi dibuat terapung (*floating*) yang lazim disebut sistem delta, tetapi titik netralnya ditanahkan melalui tahanan, reaktor dan ditanahkan langsung (*solid grounding*). Pada sistem kelistrikan, umumnya transformator daya pada gardu induk dilengkapi dengan NGR (*Neutral Grounding Resistance*) dengan nilai resistansi permanen yang berfungsi untuk membatasi arus gangguan tanah. Salah satu kelemahan sistem pentanahan dengan NGR adalah saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, arus gangguan tanah dapat membesar melebihi batas nilai tahanan NGR yang dipergunakan. Hal ini dapat menyebabkan rusaknya NGR dan peralatan lainnya. Membesarnya nilai arus gangguan tanah disebabkan oleh pengaruh kapasitansi dari saluran transmisi. Jika terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maka akan timbul arus gangguan tanah yang besar akibat *linedis charging* dari saluran transmisi.

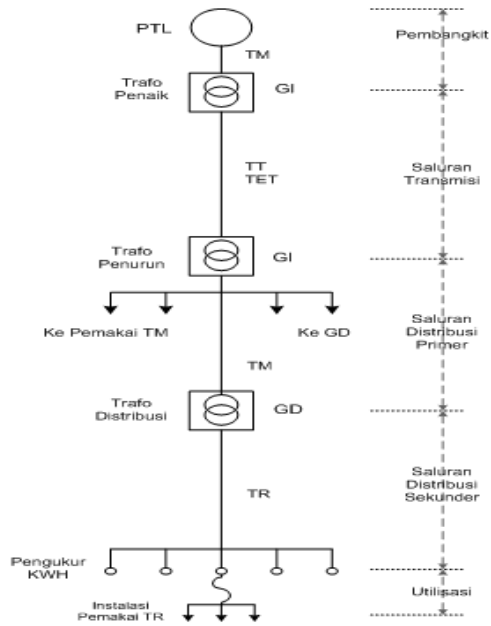
Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran langsung pada *neutral grounding resistance* untuk mengantisipasi membesarnya arus gangguan tanah yang dapat merusak peralatan serta merugikan pihak PLN. Adapun tujuan penulisan adalah Menganalisa besar arus gangguan pada *neutral grounding resistance* (NGR). Menganalisa nilai tahanan yang hilang pada *neutral grounding resistance* (NGR).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berada paling dekat dengan sisi beban / pelanggan.

Fungsi sistem distribusi adalah untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari pusat suplay, yang dalam hal ini dapat berupa gardu induk atau pusat pembangkit ke pusat / kelompok beban (gardu distribusi) dan pelanggan melalui jaringan tenaga menengah (JTM) dan jaringan sekunder tegangan rendah (TR) dengan mutu yang handal. Secara sederhana sistem distribusi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Sistem Distribusi

Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Salah satu yang menyebabkan kondisi ini adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Gangguan simetris

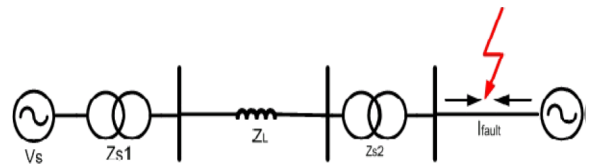
Gangguan simetris merupakan gangguan dimana besar *magnitude* dari arus gangguan sama

pada setiap fasa. Gangguan ini terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa. Perhitungan arus gangguan dari dihitung menggunakan persamaan, hanya saja ketika gangguan simetris terjadi, tidak terjadi busur dikarenakan konduktor tidak menyentuh tanah. Sehingga persamaannya menjadi :

$$I_{fault} = \frac{V_{source}}{Z_s - Z_L} \dots \dots \dots 1$$

Dimana :

- I_{fault} : Arus gangguan (A)
- V_{source} : tegangan sistem (V)
- Z_s : impedansi transformator (Ω)
- Z_L : impedansi saluran sistem (Ω)



Gambar 2. Diagram garis tunggal sederhana

2. Gangguan asimetris

Secara umum besarnya arus gangguan dihitung menggunakan rumus :

$$I_{fault} = \frac{V_{source}}{Z_s - Z_L - Z_f} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- I_{fault} : Arus gangguan (A)
- V_{source} : tegangan sistem (V)
- Z_s : impedansi transformator (Ω)
- Z_L : impedansi saluran sistem (Ω)
- Z_f : impedansi gangguan misalnya busur, tahanan tanah (Ω)

Titik di mana konduktor menyentuh tanah selama gangguan biasanya disertai dengan sebuah busur (*arc*). Busur ini bersifat resistif, namun resistansi busur besarnya sangat beragam. Resistansi gangguan besarnya tergantung resistansi busur serta tahanan tanah ketika terjadi gangguan ke tanah.

Neutral Grounding Resistance

Pengertian NGR (*Neutral Grounding Resistance*).

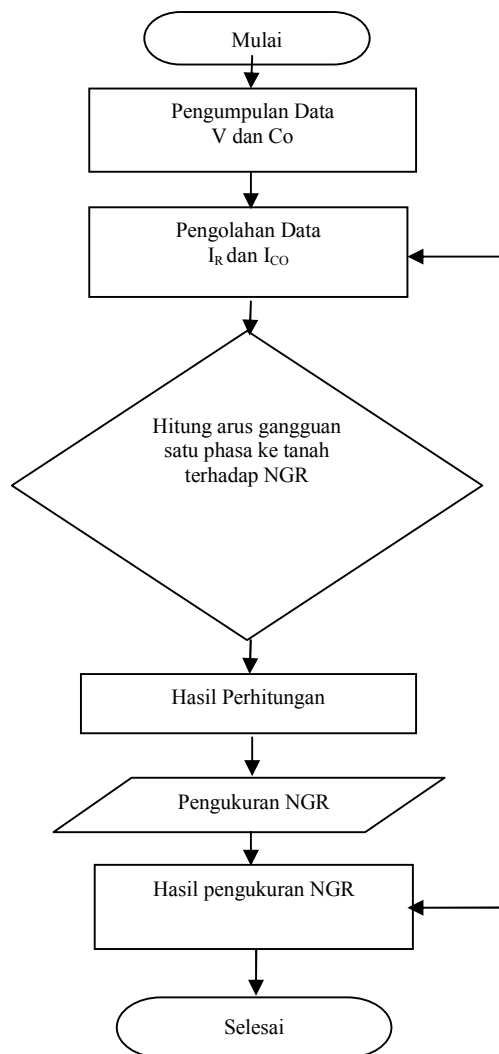
NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan neutral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke ground/tanah. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi neutral ke tanah. Hal ini terkait dengan Pola pengamanan Trafo Tenaga disisi sekunder (Sistem Distribusi). NGR juga tahanan yang dipasang antara titik netral trafo dengan pentanahan, dimana berfungsi untuk memperkecil arus gangguan. *Resistance* dipasang pada titik neutral trafo yang dihubungkan Y (bintang). NGR biasanya dipasang pada titik netral trafo 70 kV

atau 20 kV, sedangkan pada titik netral trafo 150 kV dan 500 kV digrounding langsung (solid). Neutral grounding *resistance* berfungsi sebagai pembatas arus dalam saluran netral trafo. Agar NGR dapat berfungsi sesuai desainnya perlu dipastikan bahwa nilai tahanan dari NGR tersebut sesuai dengan spesifikasinya dan tidak mengalami kerusakan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi : PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera - Unit Pelayanan Transmisi Medan - Transmisi dan Gardu Induk Paya Pasir - Gardu Induk Lamhotma.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Data Trafo Daya

Adapun data trafo daya diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah data trafo daya Gardu Induk Lamhotma. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Tabel Data Trafo Daya Gardu Induk Lamhotma.

SPEKIFIKASI	KETERANGAN
Trafo Daya	30 MVA
Tegangan	150 / 20 KV
In	866 A
Merk	HYOSUNG
Type	MTB M229
Impedancy	12,33 %
Vektor Group	YN yn Ods
Serial	TP 95 – 8501
IEC	76
THN	NOV – 95
Made In	Korea

Data NGR

Adapun data NGR diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini adalah data NGR Gardu Induk Lamhotma. Adapun data tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Tabel Data NGR Trafo Daya Merk Hyosung Gardu Induk Lamhotma.

Spesifikasi	Keterangan
NGR 20 KV	
Merk	OZ DIRENC
Type	P – 422 – NIX 125 – 10 – A 304
Serial	SN 12 – 12 -2020
OHM	40 Ohm
Amper	300 A
CLS	5P20, 20 VA, 24 KV, 1000/5A
THN	2012
Made In	Turky

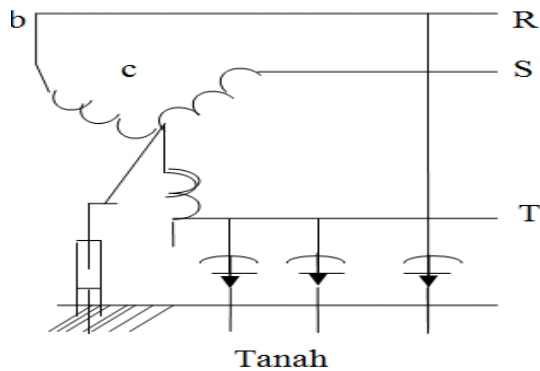
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Gangguan Arus Lebih Terhadap Kondisi NGR

Penelitian ini diaplikasikan pada kasus, dimana objek kasus adalah pengaruh kondisi nilai NGR selama terjadi gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah, dimulai sejak tanggal 16 Mei - 2 Juni bertempat di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Lamhotma.

Disini dilakukan perhitungan secara manual untuk mengetahui arus gangguan satu phasa ketanah serta arus yang mengalir pada *neutral grounding resistance* (NGR). Dimana Transformator daya pada Gardu Induk Lamhotma, daya 30 MVA, dengan panjang saluran LM -1 yaitu sekitar 8,6 km (28.215,224 ft), kabel daya 20 kV dengan jenis kabel PE (AAAC) 1/c 1000 kcmil. Dari data tersebut dapat juga dihitung besarnya arus pemuatan kapasitif sistem tersebut dengan menggunakan rumus (2.12). Dan pada penelitian ini dilakukan pengukuran langsung yang bertujuan untuk mengetahui nilai

tahanan *neutral grounding resistance*. Contoh : Bila suatu sistem dalam keadaan normal seperti ditunjukkan pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Sistem dalam keadaan normal

8,6 km = 28.215.244 feet daya 1000 KCM pada (20 kV) maka :
 Diameter Luar (D) adalah 240 mm (0,0787 ft)
 Diameter luar (d) 17,5mm (0,0574 ft)
 Penyelesaian :

$$C_o = \frac{0,00735(SIC)}{\log \frac{D}{d}} \left(\mu \frac{F}{1000 ft} \right); SIC = 5$$

$$C_o = \frac{0,00735 (5)}{\log \frac{0,0787}{0,0574}} \left(\frac{F}{1000 ft} \right)$$

$$\text{Jadi, } X_{CO}\text{-nya } X_{CO} = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_o}$$

$$X_{CO} = 9.902,95 \Omega / 1000 \text{ft}$$

Pada keadaan normal, jika X_{co} keadaan seimbang :

$$|I_{ca}| = |I_{cb}| = |I_{cc}| = I_{co} = \frac{V_{l-n}}{X_{co}} \text{ A}$$

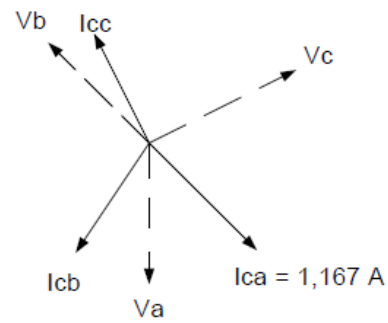
$$\text{Maka, } I_{co} = \frac{20 \text{ kV} / \sqrt{3}}{9.902,95}$$

$$I_{co} = 0,268 \text{ A} / 1000 \text{ft} \times 28.215,224$$

$$I_{co} = 1,167 \text{ A}$$

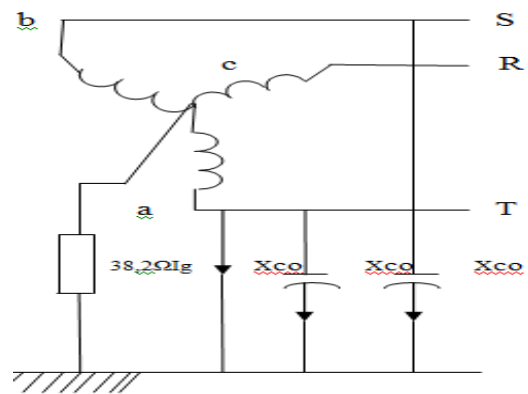
$$\text{Total arus } I_{co} = 3 I_{co} = 3 \times 1,167 \text{ A} = 3,502 \text{ Ampere}$$

Sehingga dapat digambarkan vector tegangan dan arus dalam keadaan normal seperti Gambar 5



Gambar 5. Vektor tegangan dan arus dalam keadaan normal

Apabila sistem pada saat terjadi gangguan fasa a ke bumi seperti gambar 6
 30 MVA, 20 kv, 28.215,224 feet kabel daya 1/c 1000 kcmil



Gambar 6. Sistem dalam keadaan gangguan pada fasa T ke tanah.

$$\text{Jadi } I_{ca} = 0 ; |I_{cb}| = |I_{cc}| = \frac{V_{l-1}}{X_{co}} = \frac{\sqrt{3}V_{l-2-n}}{X_{co}} = \sqrt{3}$$

$$I_{co} \text{ A}$$

$$= \sqrt{3} \times 1.167 \text{ A}$$

$$= 2,0189 \text{ A}$$

$$|(I_{cb} + I_{cc})| = \sqrt{3} |I_{cb}| = 3 I_{co} = 3,502 \text{ A}$$

Bahwa arus tahanan I_R harus $\geq 2,0189 \text{ A}$

Katakanlah $I_R = 3 \text{ A}$

Maka arus gangguan pembumian adalah

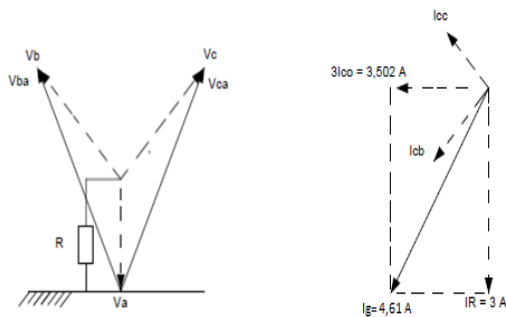
$$I_g = \sqrt{I_R^2 + (3 I_{co})^2} \text{ A ; dimana } I_R = 3 \text{ Ico}$$

$$I_g = \sqrt{(3)^2 + (3,502)^2} \text{ A}$$

$$I_g = \sqrt{9 + 12,26}$$

$$I_g = 4,61 \text{ A}$$

Sehingga dapat digambarkan vektor tegangan dan arus pada saat terjadi gangguan pada fasa ke tanah pada Gambar 7



Gambar 7. Vektor tegangan dan arus pada saat terjadi gangguan pada fasa ke tanah

Tabel 3. Tabel hasil pengukuran NGR Gardu Induk Lamhotma dengan Merk OZ DIRENC dengan nilai tahanan 40 ohm

Uraian Kegiatan	Kondisi Akhir	Ket
a. Pengukuran Tahanan NGRElement / liquid	38,2 Ω	Normal
b. Pengukuran Tahanan Isolasi NGR element	118.000 M Ω	
:Elemt –Body	50.000 M Ω	
Body – Ground		
c. Pengukuran Tahanan Pentanahan	0,2 Ω	

V. KESIMPULAN.

Dengan panjang saluran kabel 28.215,244 feet dan pada tegangan 20 kv dengan daya 30 MVA maka dapat dihitung jumlah arus gangguan yang melaluinya yaitu sebesar (I_g) = 4,61 A. Pengukuran NGR dilakukan langsung untuk mengetahui kondisi akhir nilai tahanan NGR element = 38,2 Ω , NGR element – body = 118.000 Ω , body – ground = 50.000 Ω , dan tahanan pentanahan = 0,2 Ω .

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bridger Jr, Balwin, February, “*Choosing Grounding Options for Electrical Power System*”, IEE Transaction On Industry Application, 1995.
- [2]. D.Stevenson, William, Jr., “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Erlangga, Jakarta Pusat, 1982.
- [3]. Evans, Robert D, “*Electrical Transmission and Distribution Refrence Book*”, Westinghouse Electric Corporation, 1964.
- [4]. Hutauruk, T.S., “*Pengetanahan Netral Sistem-sistem Tenaga*”, Departemen Elektro-Teknik ITB, 1978
- [5]. PT.PLN (persero), Kepdir 0520,” *Pemeliharaan Peralatan Gardu Induk*”, Jakarta, 03 Maret 2010.
- [6]. Simatupang Taufik, “*Neutral Grounding Resistance*”. 2015. <http://belajarberkaryabagi.blogspot.co.id/2015/11/neutral-grounding-resistant.html?m=1>