

ANALISA PENGARUH *NEUTRAL GROUNDING RESISTANCE* (NGR) 40 OHM PAD TRANSFORMATOR DAYA 30 MVA DIGARDU INDUK BIREUE TERHADAP ARUS GANGGUAN SATU FASA KE TANAH

Asran¹, Misbahul Jannah², Dedi Mirza³
Teknik Elektro Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
Jl. Cot Tgk Nie-Reulet, Aceh Utara, 141 Indonesia
email: asran@unimal.ac.id¹, mjannah@unimal.ac.id²

Abstrak

Sistem transformator daya 30 MVA melalui tahanan dalam titik netral harus dilakukan yang dimana 20 kV dimana titik netralnya terhadap tahap resistansi 40 ohm pada saat terjadi gangguan hubungan singkat satu fasa ketanah. Hal ini mempengaruhi dalam melihat arus lebih kecil pada arus gangguan pada waktu tertentu dengan singkat yang terjadi pada arus. Dengan adanya penelitian ini dapat diketahui berapa besar arus gangguan tersebut guna untuk settingan relai proteksi agar dapat mengetahui PMT. Hasil dari penelitian yang didapat pada gangguan satu fasa hal ini tergantung dari lokasi yang akan diteliti pada sebuah gangguan pada arus ketanah. Hasil dari lokasi gangguan 25 % diperoleh arus gangguan yang diketanahkan dengan tahanan 40 ohm sebesar 229,95 Ampere lebih kecil dibandingkan dengan arus gangguan yang diketanahkan secara langsung yaitu sebesar 619,15 Ampere, pada lokasi gangguan 75 % diperoleh arus gangguan satu fasa yang diketanahkan dengan tahanan sebesar 149,58 Ampere sedangkan besar arus gangguan yang diketanahkan secara langsung yaitu 215,49 Ampere dan pada lokasi gangguan 100 % diperoleh arus gangguan satu fasa yang diketanahkan dengan tahanan sebesar 124,57 Ampere sedangkan besar arus gangguan yang diketanahkan secara langsung yaitu 162,54 Ampere.

Kata Kunci : *Neutral Grounding Resistance (NGR) 40 ohm, arus hubung singkat satu fasa ketanah*

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

1. Pendahuluan

Permasalahan keamanan kerja dalam system kelistrikan harus diperhatikan dengan baik terhadap peralatan dan pekerjaan, maka diperlukan usaha untuk dapat melindungi sebuah peralatan dari sistem keamanan yang kurang baik / ancaman yang sering terjadi pada salah satu gangguan listrik. Terdapat hal yang sangat penting dalam melihat ancaman sistem terhadap peralatan dan pekerjaan pada suatu trafo di Gardu Induk. Oleh karena itu dilihat resistensi pentanahan yang dilihat dari ternyata masih begitu besar pada peralatan yang digunakan, oleh sebab itu kondisi ini sangat tidak menguntungkan karena akan membahayakan personil yang sedang bekerja maupun peralatan yang sedang digunakan pada Gardu Induk.

Untuk mengurangi pengaruh perubahan resistansi tersebut, maka diperlukan perawatan secara rutin pada sistem pentanahan agar harga tahanan pentanahan tetap sekecil mungkin pada transformator dayanya. Hubungan transformator daya 30 MVA yang digunakan pada gardu induk bireuen adalah hubungan YNyn0+d dengan pengetanahan netral sistem sekunder yang digunakan pada transformator 30 MVA adalah melalui resistansi 40 ohm.

Dalam pengetanahan titik netral transformator disisi sekunder melalui tahanan perlu dilakukan karena bila titik netralnya diketanahkan tanpa tahanan (*solid*) akan mempengaruhi impedansi dan berpengaruh terhadap besarnya arus gangguan hubung singkat pada penyulang (*feeder*). Dengan demikian disekitar titik gangguan sangat berbahaya bagi peralatan yang dilaluinya dan juga diperkirakan dapat menyebabkan kerusakan pada kabel penghantar disekitar titik gangguan tersebut. Berdasarkan latar belakang diatas maka adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, berapa besar nilai arus gangguan satu fasa ketanah yang di hasilkan pada pengetanahan titik netral transformator daya di gardu induk bireuen, seberapa besar pengaruh *Neutral Grounding Resistance* (NGR) 40 Ohm terhadap arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, bagaimana sistem pengetanahan netral disisi sekunder yang diketanahkan melalui resistansi (NGR) 40 Ohm. Dengan Pentanahan secara tepat menggunakan tahanan yang bertujuan untuk mengetahui setting GFR pada saat terjadi arus gangguan hubung singkattsatu fasa ke tanah.

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah | 67

pentanahan solid sebesar 0,694 kA, NGR diketahui sebesar 0,510 kA. Pengaturan waktu operasi rele yang didapat dari sistem pentanahan NGR yaitu 0,29 s pada KLP 1 dan 0,302 s pada KLP 2. (Kuncahyo, 2017)

Adapun penelitian ini dengan tujuan mempelajari pengetanahan netral disisi sekunder yang diketanahkan melalui Resistansi (NGR) 40 Ohm, mengetahui seberapa besar pengaruh *Neutral Grounding Resistance* (NGR) 40 Ohm terhadap arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah. analisis pengaruh penggunaan NGR dan rele SBEF pada transformator 60 MVA terhadap gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah menghasilkan kapabilitas pengaman yang lebih baik karena nilai arus gangguan yang dapat dikurangi dari 1838,21 A menjadi 288,675 A setelah dipasangkan NGR 40 ohm. (I Kadek Arya Surya, 2017)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Transformator

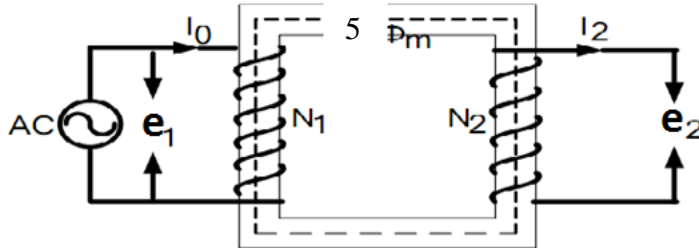
Transformator Tenaga merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain pada tingkat tegangan yang berbeda. Pada umumnya suatu transformator disebut transformator daya apabila daya yang dipindahkan melebihi 500 KVA. Agar tidak menimbulkan kerusakan pada transformator daya, maka diperlukan pendinginan. Berdasarkan pendinginnya transformator daya digolongkan dalam dua jenis yaitu transformator daya yang tercelup dalam minyak (*oil imersed transformer*) dan transformator daya jenis kering (*dry tipe transformer*) berdasarkan PT. PLN (Persero). Jakarta.

2.1 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja dari transformator berdasarkan hukum faraday dan hukum Ampere "Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka akan mengalir arus bolak-balik I_1 pada kumparan tersebut. Oleh karena kumparan mempunyai inti, arus I_1 akan menimbulkan garis gaya magnet (fluksi) yang sinusoidal (bolak-balik) pula." pada tegangan dengan level (70 kV - 500 kV) atau tegangan pada level (>500 kV). (Ariawan, 2010)

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

Hal tersebut akan mengakibatkan sisi primer transformator terinduksi dan sisi sekunder akan menerima garis gaya magnet sama dengan jumlah garis gaya magnet yang keluar dari sisi primer dan akan mengakibatkan sisi sekunder akan ikut terinduksi.



Gambar 2.1 Fluks Magnet Transformator

Sehingga :

$$e_1 = - N_1 \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

dan sisi sekunder

$$e_2 = - N_2 \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dari persamaan 2.1 dan persamaan 2.2 di dapat perbandingan transformasi belitan dari transformator adalah :

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- a = perbandingan rasio belitan
- e1 = GGL induksi sesaat sisi primer
- e2 = GGL induksi sesaat sisi sekunder
- N1 = jumlah belitan sisi primer
- N2 = jumlah belitan sisi sekunder
- dΦ= perubahan garis gaya magnet
- dt = perubahan waktu dalam satuan detik

Dengan berdasarkan hukum kekekalan energi maka bila dianggap tidak ada kerugian daya yang hilang, daya yang dilepas oleh sisi primer sama dengan daya yang diterima oleh sekunder.

2.2. Hubungan - Hubungan Transformator Tiga Fasa

Kumparan primer ataupun sekunder dari transformator tiga fasa bisa dihubungkan dengan cara sebagai berikut:^[5]

- Hubungan Delta

Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara delta yaitu V_{AB} , V_{BC} , V_{AC} , masing-masing berada fasa 120 derajat.

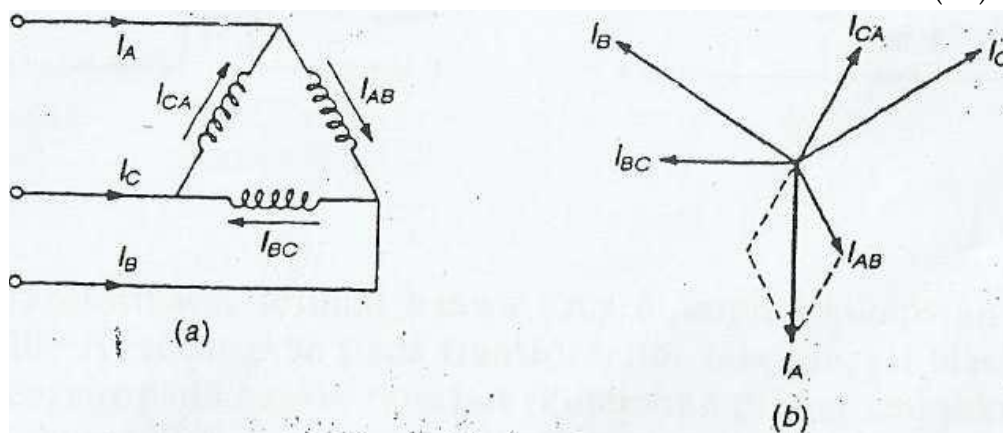
$$V_{AB} + V_{BC} + V_{AC} = 0 \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk beban seimbang:

$$I_A = I_{AB} - I_{AC} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} \dots \dots \dots (2.7)$$



Gambar 2.2 Hubungan Delta Transformator

Dari Vektor diagram diketahui bahwa I_A (arus jala-jala) adalah $\sqrt{3} \times I_{AB}$ (arus fasa). Tegangan jala-jala dalam hubungan delta sama dengan tegangan fasanya.

$$VA \text{ hubungan delta} = V_P \times I_P \dots \dots \dots (2.8)$$

$$= 3 V_L \times \left[\frac{V_L}{\sqrt{3}} \right] \dots \dots \dots (2.9)$$

$$= \sqrt{3} V_L \times I_L \dots \dots \dots (2.10)$$

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

Arus transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara bintang I_A, I_B, I_C , masing masing berbeda fasa 120 derajat.

Untuk beban seimbang:

$$I_N = I_A + I_B + I_C \dots\dots\dots(2.11)$$

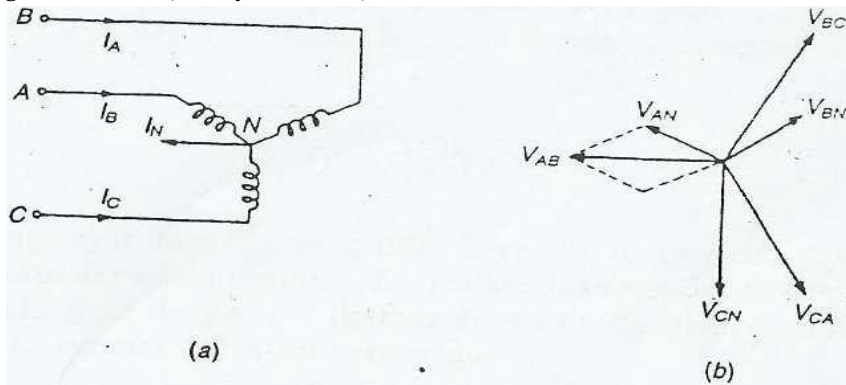
$$V_{AB} = V_{AN} + V_{BN} = V_{AN} - V_{BN} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$V_{BC} = V_{BN} - V_{CN} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$V_{CA} = V_{CN} - V_{AN} \dots\dots\dots(2.14)$$

2.3 Ketahanan Transformator

Ketahanan transformator dapat menentukan umur dari pemakaian transformator itu sendiri, (SamaIo, 2017). Pengaturan arus rele gangguan tanah biasanya dipilih sekitar 10% dari nilai arus gangguan tanah terkecil untuk mengantisipasi apabila terdapat tahanan gangguan saat terjadi gangguan tanah. (Wahyudi,2008).



Gambar 2.3 Hubungan Bintang Transformator

Dari gambar 2.3 (a) dan gambar 2.3 (b) diketahui bahwa untuk hubungan bintang berlaku hubungan.

$$V_{AB} = \sqrt{3} V_{AN} \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau

$$V_p = \sqrt{3} V_L \dots\dots\dots(2.16)$$

Lalu

$$I_p = I_L \dots\dots\dots(2.17)$$

$$VA \text{ hubungan delta} = V_p \times I_p \dots\dots\dots(2.18)$$

$$= 3 \left[\frac{V_L}{\sqrt{3}} \right] \times I_L \dots\dots\dots(2.19)$$

$$= \sqrt{3} V_L \times I_L \dots\dots\dots(2.20)$$

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan cara pengukuran.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan pengambilan data dan pengukuran data di gardu induk bireun.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode pengukuran dan perhitungan pentanahan dengan metode grounding.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengetanahan Titik Netral Transformator Daya 30 MVA Melalui Resistansi 40 Ohm Di Gardu Induk Bireuen

Pengetanahan transformator daya 30 MVA yang ada di gardu induk bireuen menggunakan *Neutral Grounding Resistance* (NGR) 40 ohm dengan arus gangguan maksimum 300 Ampere terlihat pada name plate *Neutral Grounding Resistance* (NGR) lampiran dan pada sistem 20 kV menggunakan jaringan saluran kabel bawah tanah dan saluran campuran yaitu saluran udara dengan kabel tanah terlihat pada single line diagram penyulang BN 02 - BR 02 lampiran.

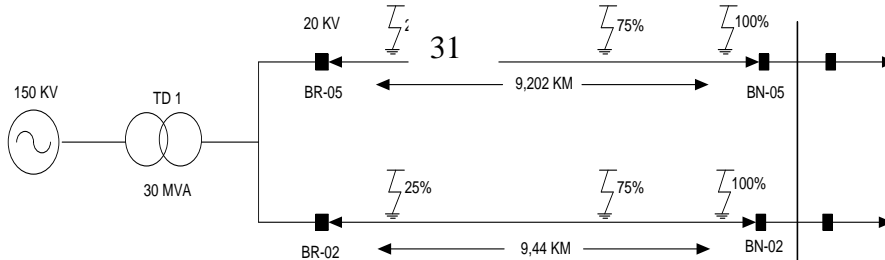
4.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

Pada Gardu Induk Bireuen terpasang transformator daya (TD 1) ratio 150/20 kV kapasitas daya 30 MVA, impedansi 12,139 % dan menggunakan NGR sebesar 40 ohm disisi sekunder. Short circuit level bus 150 kV adalah 30 MVA. Transformator ini mengisi tegangan ke busbar 20 kV dan terdapat penyulang (feeder) yang panjangnya 9,44 km. Pada gambar 4.1 dibawah ini menunjukkan single line dari jaringan distribusi 20 kV. Titik netral sekunder trafo daya ini tidak diketanahkan langsung (tanpa tahanan) tapi diketanahkan melalui resistansi 40 ohm.

Netral ground resistansi digunakan untuk mempengaruhi

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

berkurangnya arus gangguan satu fasa ketanah bila dibandingkan dengan pengetanahan titik netral secara langsung (tanpa tahanan) dan ini merupakan fungsi digunakan *Neutral Grounding Resistance* (NGR).



Gambar 4.1 Diagram segaris jaringan distribusi 20 kV dari GI Bireuen - GH Bireuen

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah yang terjadi pada asumsi 25%, 75%, dan 100% dari panjang saluran (feeder). Berdasarkan data-data dari PT PLN (Persero) Gardu induk bireuen maka arus hubung singkat tersebut dapat kita hitung dengan cara sebagai berikut :

- a. Menghitung nilai impedansi sumber dan impedansi transformator Daya

Impedansi transformator daya 30 MVA pada gardu induk bireuen adalah 12,139 % maka untuk mencari nilainya dalam ohm dihitung dengan cara sebagai berikut :

Dimana arus dasar transformator pada sisi sekunder (per fasa/*line to netral*) adalah

$$I_{LN} = \frac{S}{V_{LL \text{ dasar}} \times \sqrt{3}} = \frac{30 \cdot 10^6 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ V}} = 866 \text{ A}$$

Dimana tegangan dasar transformator per fasa (LN) :

$$V_{LN} = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11,547 \text{ kV}$$

Maka impedansi dasar transformator per fasa adalah :

$$Z_{LN} = \frac{V_{LN}}{I_{LN}} = \frac{11547 \text{ V}}{866 \text{ A}} = 13,333 \Omega$$

Jika nilai impedansi dasar transformator pada data sama dengan 12,139 % dan nilai impedansi dasar transformator per fasa adalah 13,333 Ω maka impedansi yang sebenarnya adalah :

$$Z_{\text{sebenarnya}} = Z_{\text{pu}} \times Z_{LN}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,139 \% \times 13,333 \Omega \\
 &= 0,12139 \times 13,333 \Omega \\
 &= 1,6185 \Omega
 \end{aligned}$$

Dimana $\cos \Phi$ nya sebesar 0,9 maka besar sudut yang dibentuk adalah sebesar $25,84^{\circ}$, dengan demikian besar impedansi sebenarnya dalam bilangan regtanguler adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{sebenarnya}} &= 1,6185 \angle 25,84^{\circ} \text{ ohm} \\
 &= 1,457 + j 0,705 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Dimana $\cos \Phi$ nya sebesar 0,9 maka besar sudut yang dibentuk adalah sebesar $25,84^{\circ}$, dengan demikian besar impedansi sebenarnya dalam bilangan regtanguler adalah :

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{sebenarnya}} &= 1,6185 \angle 25,84^{\circ} \text{ ohm} \\
 &= 1,457 + j 0,705 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Besar impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$) yaitu dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_{1eq} = Z_S + Z_T \text{ pada } \% \ell$$

$$\begin{aligned}
 25\% \ell \Rightarrow Z_{1eq} &= (1,457 + j 0,705 + 4,635 + j 7,193) \text{ ohm} \\
 &= (6,092 + j 7,898) \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 75\% \ell \Rightarrow Z_{1eq} &= (1,457 + j 0,705 + 13,905 + j 21,597) \text{ ohm} \\
 &= (15,362 + j 22,302) \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

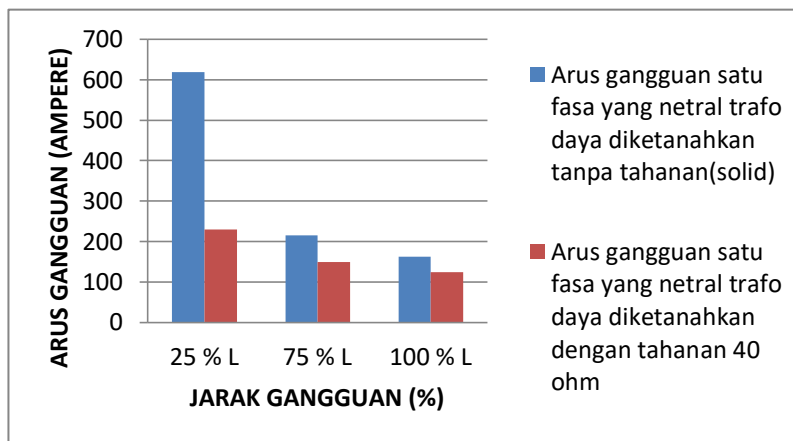
$$\begin{aligned}
 100\% \ell \Rightarrow Z_{1eq} &= (1,457 + j 0,705 + 18,54 + j 28,773) \text{ ohm} \\
 &= (19,997 + j 29,478) \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Untuk data hasil perbandingannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Pengaruh NGR 40 Ohm Terhadap Arus Gangguan

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

No	% ℓ	Arus gangguan satu fasa yang netral trafo daya diketanahkan tanpa tahanan (<i>solid</i>)	Arus gangguan satu fasa yang netral trafo daya diketanahkan dengan tahanan 40 ohm
1.	25 % ℓ	619,15 Ampere	229,95 Ampere
2.	75 % ℓ	215,49 Ampere	149,58 Ampere
3.	100 % ℓ	162,54 Ampere	124,57 Ampere



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Pengaruh netral grounding resistance (NGR) 40 ohm terhadap arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah tetap relatif besar dan diperkirakan dapat merusak peralatan dan kabel penghantar disekitar titik gangguan dan juga sangat berbahaya bagi manusia disekitarnya. Dan untuk menghentikan arus hubung singkat tersebut adalah dengan menggunakan setting relai proteksi agar dapat mengtripkan pemutus daya (PMT) pada saat terjadi gangguan tersebut.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Hasil dari penelitian pada arus gangguan satu fasa ketanah bervariasi tergantung persentase lokasi gangguan, pada lokasi gangguan 25 % diperoleh arus gangguan yang diketanahkan dengan tahanan 40 ohm sebesar 229,95 lebih kecil 619,15 Ampere, pada lokasi gangguan 75 % satu fasa sebesar 149,58 Ampere sedangkan arus ketanah secara langsung diperoleh hasil 215,49 Ampere dan pada lokasi gangguan 100 % untuk gangguan didapat 162,54 Ampere.
2. Pada pengetanahan titik netral sekunder transformator daya 30 MVA yang diketanahkan dengan tahanan 40 ohm dimana lokasi gangguan terjadi sangat berpengaruh terhadap besarnya arus gangguan satu fasa ketanah yang mana semakin dekat lokasi gangguan dengan transformator maka semakin besar pula arus gangguan yang dihasilkan dan sebaliknya.
3. Pengetanahan titik netral sekunder transformator daya 30 MVA melalui tahanan 40 ohm disisi sekunder berfungsi untuk memperkecil arus gangguan satu fasa ketanah dan beberapa dampak buruk pada pengetanahan secara langsung seperti besarnya arus gangguan satu fasa yang lebih besar dapat dikurangi.

5.2 Saran

Pengaruh netral ground resistance (NGR) 40 ohm terhadap arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah tetap relatif besar dan diperkirakan dapat merusak peralatan dan kabel penghantar disekitar titik gangguan dan juga sangat berbahaya bagi manusia disekitarnya. Dan untuk menghentikan arus hubung singkat tersebut adalah dengan menggunakan setting relai proteksi agar dapat mengtripkan pemutus daya (PMT) pada saat terjadi gangguan tersebut.

analisa pengaruh *neutral grounding resistance* (ngr) 40 ohm pada transformator daya 30 mva digardu induk bireuen terhadap arus gangguan satu fasa ke tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Arya Surya, I. A. (2017). Studi Pengaruh Pemasangan NGR 40 Ohm Pada Upgrading Transformator 2 GI Gianyar Terhadap Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Tanah. *Teknologi Elektro*.
- Kuncahyo, M. D. (2017). Analisis Setting Ground Fault Relay (GFR) Terhadap Sistem Pentanahan Netral Transformator Menggunakan Metode Neutral Grounding Resistor (NGR) pada Penyulang PLN Rayon Kuala Pembuang Kalimantan Tengah. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Haryanto, Agus. 2012. *Analisa Pentanahan Peralatan Pada Transformator Daya Di Gardu Induk Talang Ratu PT. PLN (Persero) P3BS UPT Palembang*. <http://digilib.polsri.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=ssptpolsri-gdlagusharyanto-1245>
- Hutauruk. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. PT. Erlangga. Jakarta. 1987.
- Ir.Wahyudi Sarimun N., M. (2016). *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok: Garamond.
- PT. PLN (Persero). SPLN 1991. *Bagian Transformator Tenaga*. PT. PLN (Persero). Jakarta.
- PT. PLN (Persero). 2009. *Batas dan Pemeliharaan Peralatan Listrik Trafo Daya (no dokumen : 1-22 / harlur - PST / 2009)*
- Zuhal. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta. 1995.