

Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi Di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Abrar Tanjung

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
E-mail : abrartanjung_1970@yahoo.co.id

(Received: 27 Maret 2015; Revised: 16 Juni 2015; Accepted: 27 Juni 2015)

ABSTRAK

Untuk menyalurkan kebutuhan tenaga listrik tersebut dari produsen listrik ke konsumen diperlukan suatu jaringan dan gardu distribusi. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), sistem dapat dikatakan efektif bila drop tegangannya tidak melebihi + 5 % dan - 10 % dari tegangan nominal, rugi-rugi daya dan dari total daya yang disalurkan. Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang dialirkan ke tanah akan menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang disebabkan karena adanya tahanan tanah. Universitas Lancang Kuning merupakan lembaga pendidikan memiliki beberapa fakultas mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar, menggunakan peralatan listrik. Pemakaian beban listrik juga banyak dipakai dalam pemasangan lampu penerangan dan peralatan-peralatan listrik lainnya. Akibat penambahan beban pada gedung fakultas Unilak, menyebabkan terjadi ketidakseimbangan beban, nilai tahanan pentanahan peralatan sangat besar dan terjadi kelebihan beban (*Over load*) pada transformator distribusi. Tujuan Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa dan menghitung besar tahanan pentanahan transformator distribusi di Universitas Lancang Kuning. Metode penelitian dengan cara melakukan pengukuran data transformator distribusi menggunakan alat ukur, melakukan analisa data dan perhitungan data.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai pentanahan peralatan transformator distribusi diperoleh sebesar 22,15 ohm, arus gangguan hubung singkat pada transformator distribusi 1,15 amper, kenaikan tegangan fasa sehat diperoleh untuk transformator distribusi sebesar 308 volt, tegangan sentuh 288,1 volt dan tegangan langkah sebesar 938 volt, rugi-rugi daya akibat arus netral sebesar 111,62 watt.

Kata Kunci : pentanahan netral, sistem tenaga listrik. transformator distribusi

ABSTRACT

To distribute the electrical power needs of electricity producers to consumers required a distribution network and substations. Based on the Standard of the State Electricity Company (SPLN), the system can be said to be effective if the voltage drop does not exceed + 5% and - 10% of the nominal voltage, and power losses of the total power supplied. In the event of disruption, interference currents that flowed into the ground will cause the voltage difference on the ground level due to the detainee soil. Lancang Kuning University is an educational institution has several administration and faculty have teaching and learning activities, using electrical equipment. The use of electrical load is also widely used in the installation of lighting and other electrical equipment. The effect of addition load on Unilak faculty building, can be effect unbalance load, grounding resistance equipment will be risen and made overload in distribution transformers. The purpose of this research was to analyze and calculate the distribution transformer earthing prisoners in Lancang Kuning University. Research methods in a way distribution transformator measurement data using a measuring instrument, perform data analysis and calculation of data.

Based on the results of the calculation value the distribution transformer earthing equipment obtained for 22.15 ohm, short-circuit fault current at the distribution transformer 1.15 amperes, rising a healthy phase voltage acquired for distribution transformers of 308 volts, the voltage of 288.1 volts touch and step voltages for 938 volt, the impact neutral currents of power losses at 111.62 watts.

Keywords: *distribution transformers, neutral grounding, electrical power system*

Corresponding Author:

Abrar Tanjung,
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Lancang Kuning,
Email: abrartanjung_1970@yahoo.co.id

Pendahuluan

Penggunaan energi listrik umumnya selalu menunjukkan gejala yang meningkat. Hal ini tidak bisa dipungkiri lagi, karena tenaga listrik merupakan bentuk energi yang sangat menguntungkan dan sangat membantu manusia dalam menyelenggarakan kehidupannya. Untuk menyalurkan kebutuhan tenaga listrik tersebut dari produsen listrik ke konsumen diperlukan suatu jaringan dan gardu distribusi. Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN), sistem dapat dikatakan efektif bila drop tegangannya tidak melebihi + 5 % dan - 10 % dari tegangan nominal, rugi-rugi daya dan dari total daya yang disalurkan

Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang dialirkan ke tanah akan menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang disebabkan karena adanya tahanan tanah. Jika pada waktu gangguan itu terjadi seseorang berjalan di atas switch yard sambil memegang atau menyentuh suatu peralatan yang diketanahkan yang terkena gangguan, maka akan ada arus mengalir melalui tubuh orang tersebut.

Universitas Lancang Kuning merupakan suatu lembaga pendidikan yang memiliki beberapa fakultas yang mempunyai kegiatan administrasi dan belajar mengajar, yang menggunakan peralatan listrik. Pemakaian beban listrik juga banyak dipakai dalam pemasangan lampu penerangan dan peralatan-peralatan listrik lainnya. Akibatnya penambahan beban yang terdapat di gedung rektorat khususnya dan Unilak menyebabkan terjadi ketidakseimbangan beban, nilai tahanan pentanahan peralatan sangat besar dan terjadi kelebihan beban (*Over load*) pada transformator distribusi.

Universitas Lancang Kuning mempunyai transformator dengan kapasitas 315 kVA terdapat pada gardu hubung. Transformator ini bertujuan untuk mensuplai energi listrik ke Gedung Rektorat dan seluruh gedung di Universitas Lancang Kuning.

Tujuan Penelitian ini dilakukan untuk:

1. Menganalisa dan menghitung besar tahanan pentanahan transformator distribusi dan di Universitas Lancang Kuning.

2. Menghitung besar arus gangguan pada transformator distribusi Unilak
3. Menghitung besar tegangan sentuh dan tegangan langkah pada transformator distribusi Unilak
4. Menghitung rugi-rugi daya akibat arus netral pada transformator distribusi

Sistem pentanahan bertujuan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam dan kondisi tanah di daerah dimana sistem pentanahan tersebut akan dipasang. Nilai tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh kedalaman elektroda yang ditanam, jumlah elektroda, jarak antar elektroda, ukuran konduktor dan kondisi tanah dimana elektroda tersebut ditanam (*Andi Syofian, 2013*).

Pemilihan metode pentanahan pada multi transformator menjadi pertimbangan penting dalam sebuah industri yang memiliki tegangan menengah. Hal ini dikarenakan seringnya terjadi gangguan ke tanah serta besarnya arus gangguan satu fasa ke tanah pada masing-masing transformator. Jika terjadi kesalahan dalam pemilihan pentanahan transformator akan menyebabkan kerusakan yang sangat berarti pada peralatan tersebut (*Johari, 2012*).

Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan cara :

- a. Survey lapangan untuk mengumpulkan data primer dari transformator distribusi dan gedung rektorat Unilak yang terpasang. Wawancara dengan teknisi kelistrikan dari Unilak dan pihak PT. PLN Rayon Rumbai dalam bentuk kuisioner untuk mendapatkan informasi kapasitas daya transformator distribusi, pemakaian daya gedung rektorat Unilak dan jenis penghantar yang dipakai untuk pentanahannya.
- b. Analisa Data
Data hasil survey lapangan tentang transformator distribusi dan gedung rektorat Unilak akan digunakan untuk penghitungan

dan analisa pemasangan pengukuran dengan menggunakan persamaan :

Arus Gangguan Hubung singkat :

$$I_{f1\phi(L-G)} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_n}$$

Kenaikan tegangan fase Sehat :

$$\Delta = -E_{ph} \left[\frac{k-1}{k+2} \right]; V_B = V_C = E_{ph} + \Delta$$

Tegangan Sentuh :

$$E_S = (R_k + R_f/2) \cdot I_k$$

Tegangan Langkah :

$$E_L = (R_k + 2 R_f) \cdot I_k$$

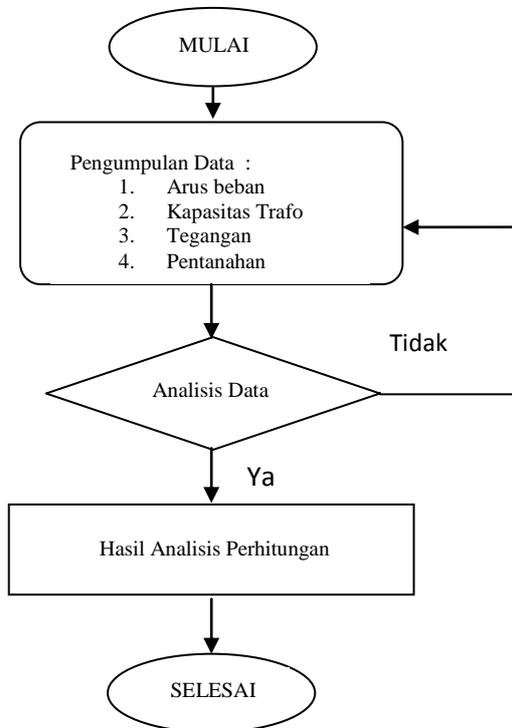
Rugi-rugidaya akibat arus netral :

$$P_G = I_G^2 \times R_G$$

- Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan standar sistem pentanahan IEC atau SPLN pada transformator distribusi dan gedung rektorat Unilak sekarang ini untuk mengetahui apakah pemasangannya sudah sesuai atau tidak.

c. Bagan Alir Penelitian (*Flow chart*)

Berdasarkan pentahapan diatas dapat disusun suatu kerangka pelaksanaan penelitian. Penelitian dimulai dengan persiapan-persiapan dalam bentuk persiapan personal, persiapan penentuan langkah-langkah kerja dan persiapan perlengkapan yang akan digunakan.



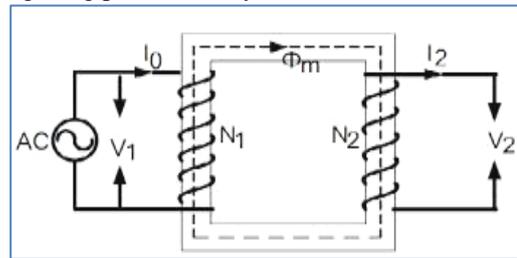
Gambar 1 Bagan alir penelitian (flowcart)

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pada dasarnya sistem pembangkit dan sistem penyaluran tenaga listrik yang lengkap mengandung tiga unsur. Pertama, adanya unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik skala besar umumnya merupakan Tegangan Menengah (TM).

Transformator

Transformator adalah suatu alat yang digunakan untuk mentransformasi tegangan yaitu menaikkan tegangan (*step up transformer*) dan menurunkan tegangan (*step down transformer*). Daya semu (kVA) dari transformator distribusi berkisar antara 5 sampai 1600 kVA, sedangkan untuk daya semu (kVA) diatas 1600 kVA sudah tergolong pada trafo daya (Zuhal, 1991).



Gambar 2 Konstruksi transformator

Prinsip kerja transformator adalah :

- Sumber arus AC diberikan pada kumparan *primer* sehingga terjadi fluks yang berubah sesuai arus yang masuk
- Perubahan fluks mengalir pada inti besi dan menginduksikan kumparan *sekunder*
- Kumparan *sekunder* terinduksi fluks akan menimbulkan tegangan induksi, dan jika dibebani akan mengalir induksi.

Komponen-Komponen Simetris

Karya Fortescue membuktikan bahwa suatu sistem tak seimbang yang terdiri dari n fasor yang berhubungan (*related*) dapat diuraikan menjadi n buah sistem dengan fasor yang seimbang yang dinamakan komponen-komponen simetris (*Symmetrical Components*) dari fasor aslinya (Stevenson Jr. W.D, 1983).

Sebuah sistem tiga fasa tidak seimbang dalam menganalisanya dapat dibentuk menjadi fasor tiga fasa seimbang, yaitu :

- Komponen urutan positif

Komponen urutan positif adalah yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lainnya dalam beda fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.

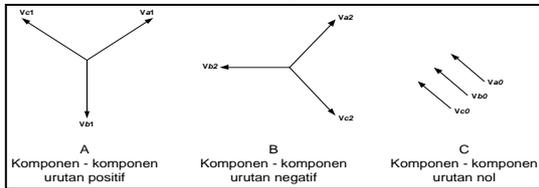
- Komponen urutan negatif

Komponen urutan negatif adalah tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang

lainnya dalam beda fasa sebesar 120^0 , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan arah dengan fasor aslinya.

c. Komponen urutan nol

Komponen urutan nol adalah tiga fasor yang sama besarnya dan dengan penggeseran fasa nol antara fasor yang satu dengan yang lain.



Gambar 3. Komponen simetris

Sistem Pentanahan

Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar. Berdasarkan besarnya arus gangguan dan kenaikan tegangan fasa yang tidak terganggu, impedansi pengetanahan netral dapat diatur. Pemilihan impedansi harus dilakukan secara analitis bila $Z_n =$ besar, $I_f =$ kecil dan $\Delta =$ besar, maka sistem pengetanahan untuk memperbaiki :

1. Arus gangguan hubung singkat yang tidak terlalu besar, sehingga bahaya yang ditimbulkan tidak berlebihan, namun sensitivitas rele proteksi masih dapat dipertahankan.
2. Tegangan lebih yang terjadi pada fasa yang tidak terganggu tidak terlalu besar sehingga batas isolasi peralatan dapat dipertahankan atau dikurangi.

Stabilitas dan kontinuitas penyaluran beban dapat terjamin (Hutauruk, 1999)

Syarat sistem pentanahan yang efektif :

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personal dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Dalam sistem pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran tranmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan

pentanahan tidak melebihi 1Ω untuk tahanan pentanahan pada komunikasi system/ data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan 5Ω pada gedung / bangunan. Untuk menghitung tahanan pentanahan suatu bangunan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}} \quad (1)$$

Keterangan :

R : tahanan pentanahan (ohm)

ρ : resistivitas tanah (ohm-meter)

Suatu pengetanahan netral langsung pada generator dikatakan bilamana adanya hubungan galvanis antara sistem itu dengan tanah tanpa menyisipkan suatu impedansi. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat kawat-tanah begitu besar sehingga tekanan arus lebih berpengaruh dari tekanan tegangan.

Gangguan dalam sistem tenaga dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Gangguan Seimbang (*Balanced Fault*)

Tipe gangguan ini didefinisikan sebagai gangguan hubung singkat tiga fasa, dimana gangguan ini jarang terjadi, tetapi merupakan tipe gangguan yang paling parah karena pada setiap saluran arus gangguan sama besarnya, (Cekmas Cekdin, 2006).

Gangguan tiga fasa juga digunakan untuk menentukan *kapasitas hubung singkat (Short Circuit Capacity)* peralatan pada titik gangguan, sehingga dapat ditentukan dimensi bus dan kapasitas pemutusan (*Interrupting Capacity*) *Circuit Breaker (CB)*.

2. Gangguan Tak-seimbang (*Unbalanced Fault*)

Tipe gangguan ini didefinisikan sebagai gangguan, yaitu :

- a. Gangguan 1- fasa ke tanah
- b. Gangguan 2- fasa ke tanah
- c. Gangguan fasa - fasa

Karena setiap gangguan tidak seimbang menyebabkan mengalirnya arus tidak seimbang pada sistem, metoda komponen simetris berguna sekali dalam analisis untuk menentukan arus dan tegangan di semua bagian sistem setelah terjadinya gangguan.

Perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah ditunjukkan pada persamaan 2.

$$I_f = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_n} \quad (2)$$

Kenaikan tegangan fasa sehatnya adalah :

$$\Delta = - E_{ph} \left[\frac{k-1}{k+2} \right] \quad (3)$$

dimana : $k = \frac{Z_0}{Z_1}$

Besar arus gangguan yang diperbolehkan adalah kira-kira 10 Amper, bila generator dan transformator berbentuk satu kesatuan maka cara tahanan besar inilah yang dipakai. Untuk keperluan proteksi (*relaying*) gangguan tanah, adalah praktis untuk tidak menghubungkan secara langsung tahanan itu antara netral dan tanah, tetapi memasang sebuah transformator tipe distribusi antara netral dan tanah dan memasang tahanan pada jepitan sekunder dan rele proteksi dari transformator itu.

Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat di antara suatu objek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang di sentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetanahan yang berada dibawahnya. Besar arus gangguan dipengaruhi oleh tahanan orang dan tahanan kontak ke tanah dari orang tersebut (Hutaurauk,1999).

$$E_s = (R_k + R_f/2) \cdot I_k \quad (4)$$

Tegangan langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara dua kaki orang yang sedang berdiri di atas tanah tanah yan sedang dialiri oleh arus kesalahan ketanah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.7 Dalam hal ini dimisalkan jarak antara kedua kaki orang adalah 1 meter dan diameter kaki dimisalkan 8 cm dalam keadaan tidak memakai sepatu (Hutaurauk,1999).

$$E_L = (R_k + 2 R_f) \cdot I_k \quad (5)$$

Rugi Arus Netral (Losses)

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi) (Abdul Kadir, 1997).

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (6)$$

keterangan:

PN = *losses* pada penghantar netral trafo (watt)

IN = arus yang mengalir pada netral trafo (A)

RN = tahanan penghantar netral trafo (Ω)

Sedangkan *losses* yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \quad (7)$$

keterangan:

PG = *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

IG = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

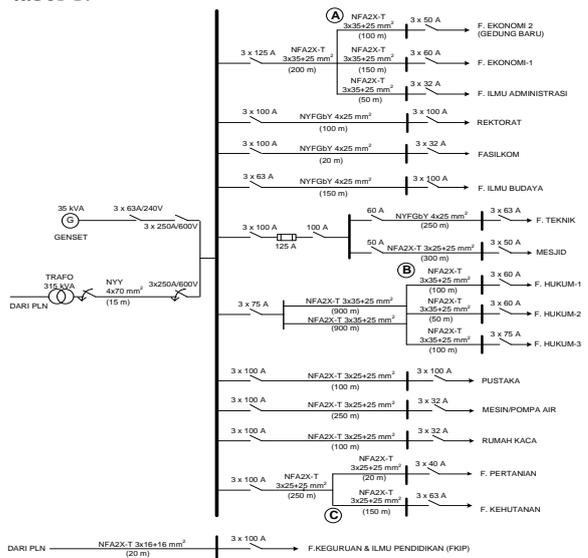
RG = tahanan pembumian netral trafo (Ω)

Hasil Dan Pembahasan

Sistem Kelistrikan Di Universitas Lancang Kuning

Universitas Lancang Kuning merupakan lembaga pendidikan yang mempunyai beberapa gedung fakultas, gedung rektorat, gedung perpustakaan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM), Pusat komputer, Mesjid dan Asrama mahasiswa. Gedung-gedung tersebut disupplay oleh satu transformator yang dibantu oleh pihak PT. PLN (Persero) cabang Pekanbaru. Adapun tegangan primer transformator sebesar 20 kV dan tegangan sekunder yang dipakai adalah tegangan tiga fasa 380 volt dan tegangan satu fasa 220 volt.

Hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur Earthtester untuk mengukur besar tahanan pentanahan pada transformator distrbusi dan gedung rektorat baik pentanahan peralatan maupun pentanahan netral serta Tang Amper untuk mengukur tegangan, arus beban. Hasil pengukuran yang diperoleh ditunjukkan dalam tabel 1.



Gambar 4. Sistem kelistrikan di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Tabel 1 Hasil Pengukuran Transformator Distribusi

No	Uraian	Pengukuran
1.	Beban Fasa R	266 A
2.	Beban Fasa S	216 A
3.	Beban Fasa T	271 A
4.	Beban Netral	1,65 A
5.	Tegangan Fasa R	388 V
6.	Tegangan Fasa R	360 V
7.	Tegangan Fasa R	386 V
8.	Pentanahan Titik Netral	41 ohm

9.	Pentanahan Peralatan	30 ohm
10.	Tahanan Jenis Tanah liat (ρ)	100 ohm
11.	Impedansi (Z)	12,6 %

Perhitungan Besar Tahanan Pentanahan Transformator Distribusi Universitas Lancang Kuning.

Berdasarkan tabel 1, maka perhitungan besar nilai tahanan pentanahan peralatan pada transformator distribusi menggunakan persamaan 1:

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}}$$

$$= \frac{100}{4} \sqrt{\frac{3,14}{4}}$$

$$R_g = 22,15 \text{ Ohm}$$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Transformator

Perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah berdasarkan rumus 2 dan tabel 1, maka perhitungan arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah menggunakan impedansi sebesar 12,6 % atau 0,126 pu.

$$I_{f1\phi(L-G)} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_n}$$

$$= \frac{3(1.0)}{j0,126 + j0,126 + j0,126 + 3(41)}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{(0,376)^2 + (123)^2}}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{0,1414 + 15129}}$$

$$= \frac{3}{\sqrt{15129,1414}}$$

$$= \frac{3}{123} = 0,024 \text{ Amper}$$

$$I_{f1\phi(L-G)} = 0,024$$

Maka,

$$I_{f1\phi(L-G)} = I_f \times I_{base}$$

$$= 0,024 \times 47,92 \text{ Amper}$$

$$I_{f1\phi(L-G)} = 1,15 \text{ Amper}$$

Perhitungan Tegangan Fasa Sehat

Sambungan netral diketanahkan tanpa impedansi pada sistem transformasi juga bisa berguna untuk membatasi atau mencegah naiknya tegangan fasa yang sehat, seandainya terjadi gangguan salah satu fasa, misal hubung singkat ke tanah. Besar kenaikan tegangan saluran

jaringan ke netral menjadi sebesar 3 tegangan fasa andaikata tanpa adanya sambungan netral dan tanpa impedansi ke tanah.

Perhitungan kenaikan tegangan pada fasa sehat menggunakan persamaan 3.

$$\Delta = -0,38 \left[\frac{k-1}{k+2} \right]$$

$$= -0,38 \left[\frac{47,92-1}{47,92+2} \right]$$

$$= -0,38 \left[\frac{46,92}{49,92} \right]$$

$$= -0,38 (0,9399)$$

$$= -0,3572 \text{ kV}$$

Besar kenaikan tegangan fasa sehat diperoleh sebesar - 0,3372 kV, maka tegangan pada titik netral adalah :

$$V_B = V_C = E_{ph} + \Delta$$

$$= \sqrt{(0,38)^2 + (-0,3572)^2 - 2(0,38)(-0,3572) \cos 80}$$

$$= \sqrt{0,144 + 0,1296 + 0,2736 \times 0,174}$$

$$= \sqrt{0,095}$$

$$V_B = V_C = 308 \text{ volt}$$

Perhitungan Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah

Perhitungan tegangan sentuh dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 4 dan tegangan langkah persamaan 5, maka persamaan tegangan sentuh sebagai berikut dengan jenis tanah liat ($\rho = 100 \Omega$) :

$$Es = \left(R_k + \frac{R_f}{2} \right) \times I_k$$

$$= \left(1000 + \frac{3 \cdot \rho_s}{2} \right) \times \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$= \left(1000 + \frac{3 \cdot 100}{2} \right) \times \frac{0,116}{\sqrt{0,75}}$$

$$= (1000 + 300) \times 0,134$$

$$= 1300 \times 0,134$$

$$= 174,2 \text{ volt}$$

$$\begin{aligned}
 E_l &= (R_k + 2R_f) \times I_k \\
 &= (1000 + 2(3 \times 100)) \times \frac{0,116}{\sqrt{t}} \\
 &= (1000 + 2(300)) \times \frac{0,116}{\sqrt{0,75}} \\
 &= (1000 + 600) \times 0,13 \\
 &= 1600 \times 0,134 \\
 &= 214,4 \text{ volt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Rugi-Rugi Daya (*Losses*)

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan rugi-rugi daya (*losses*). Perhitungan *Losses* pada penghantar netral trafo ini menggunakan persamaan 6 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_N &= I_N^2 \cdot R_N \\
 &= (1,65)^2 \times 0,9217 \\
 &= 2,51 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Dimana daya aktif trafo :

$$\begin{aligned}
 P &= S \times \cos \phi \\
 &= 315 \times 0,80 \\
 &= 252 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Sehingga, persentase rugi-rugi daya (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\begin{aligned}
 \% P_N &= P_N/P \times 100 \% \\
 &= 2,51/252 \times 100 \% \\
 &= 0,632 \%
 \end{aligned}$$

Maka rugi-rugi daya (*Losses*) akibat arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (6), yaitu:

$$\begin{aligned}
 P_G &= I_G^2 \cdot R_G \\
 &= (1,65)^2 \times 41 = 111,62 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pada analisa perhitungan besar nilai pentanahan pada transformator distribusi ditunjukkan pada tabel. 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Transformator Distribusi

No	Uraian	Hasil	Standar IEC
1.	Tahanan Pentanahan	279,5 Ohm	5 ohm
2.	Tahanan Peralatan	0,0465 Ohm	5 ohm
3.	Tegangan Sentuh	288,1 Volt	490 V
4.	Tegangan langkah	938 Volt	1615 V
5.	Arus Gangguan	1,15 A	5 Amper
6.	Kenaikan tegangan	308 V	380 volt
7.	Rugi-rugi Daya	111,62 watt	500 watt

Berdasarkan tabel 3 diperoleh bahwa hasil perhitungan pada pentanahan transformator distribusi belum memenuhi standar yang dikeluarkan oleh badan standar internasional (IEC) sebesar 5 ohm. Sedangkan pentanahan titik netral pada transformator distribusi memenuhi standar yang dikeluarkan oleh badan standar internasional (IEC) sebesar 5 ohm.

Hasil perhitungan tegangan sentuh dan tegangan langkah yang diperoleh belum memenuhi standar IEC. Serta hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat sudah memenuhi standar IEC (dibawah standar IEC). Sedangkan kenaikan tegangan fasa sehat dan rugi-rugi daya akibat arus netral sudah memenuhi nilai standar dari IEC

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar nilai tahanan pentanahan transformator distribusi sebesar 279 ohm.
2. Besar arus gangguan hubung singkat pada transformator distribusi sebesar 1,15 amper.
3. Kenaikantegangan fasa sehat diperoleh untuk transformator distribusi sebesar 308 volt.
4. Pada transformator distribusi diperoleh tegangan sentuh 288,1 volt dan tegangan langkah sebesar 938 volt.
5. Besar rugi-rugi daya akibat arus netral pada transformator distribusi sebesar 111,62 watt

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning Pekanbaru yang telah memberikan bantuan moril dan masuk dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abdul, Kadir. *Mesin Sinkron*, Penerbit Djambatan, 1997.
- [2] Andi Sofyan, *Sistem Pentanahan Grid Pada Gardu Induk Pltu Teluk Sirih*, Jurnal Momentum, Vol.14 No.1. Februari.2013
- [3] Johari, dkk, *Instalasi Pentanahan Dan Proteksi Gangguan Ke Tanah Pada Pembangkitan Multi Generator Di Sistem Kelistrikan PT.Wilmar Nabati Gresik*,

JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1
2012

- [4] Julius Sentosa dkk, *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*, Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 1, Universitas Petra Jakarta 2006
- [5] Harnoko Stepanus, *Analisis Sistem Pentanahan Netral Transformator 20 kV PT. Gunung Madu Plantation*, Jurnal Teknik Elektro, Vol 4 No. 4 Hal 98, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta 2011
- [6] Marsudi, Djiteng. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta : Graha Ilmu 2006
- [7] Stevenson, William Jr. D, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Ke – 4, Penerbit Erlangga, Jakarta 1983
- [8] T. S, Hutauruk, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan*, Penerbit Erlangga, Jakarta 1999
- [9] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB Bandung, 1991.