

# Perbaikan Resistansi Tanah Untuk Pentanahan Pada Gardu Distribusi di LPKA Kelas II Tomohon

Aldeo Beyerly Pai 1), Ir. Lily S. Patras, ST., MT., 2) Dr.Eng. Meita Rumbayan, ST, M.Eng3) Teknik Elektro Universitas Sam Raulangi, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115, Indonesia, Email: [aldeobeyerlypai@gmail.com](mailto:aldeobeyerlypai@gmail.com) 1), [lilys\\_patras@yahoo.com](mailto:lilys_patras@yahoo.com) 2) [Meita76@gmail.com](mailto:Meita76@gmail.com)

**Abstract** — The need for electricity in the city of Tomohon is large considering that Tomohon is also an industrial city in addition to meeting the large demand for electricity supply, with protection from disturbances that can harm the food distribution system in distribution substations, must use an adequate grounding method so as to secure the substation. distribution of overcurrent or also caused by a lightning strike so as to prevent further damage. The function of grounding is to be able to get rid of the overcurrent to the ground but to get rid of the overcurrent to the ground we have to use the right method so that the ground resistance value is suitable to accept the overcurrent. With the analysis in this final project, taking an example at one of the distribution substations located in LPKA Class II Tomohon. With the existing data, perform calculations to find out which grounding method is suitable to be installed in the distribution substation.

**Abstrak** — Kebutuhan listrik di kota Tomohon besar mengingat Tomohon adalah juga adalah kota industri selain untuk memenuhinya permintaan pasokan listrik yang besar, dengan adanya pengaman dari gangguan gangguan yang dapat merugikan system distribusi makan dalam gardu - gardu distribusi harus menggunakan metode metode grounding yang memadai sehingga dapat mengamankan gardu distribusi dari arus lebih atau juga disebabkan sambaran petir sehingga mencegah kerusakan yang lebih parah. Fungsi dari grounding agar dapat membuang arus lebih ketanah tetapi untuk membuang arus lebih ketanah kita harus menggunakan metode yang tepat agar nilai resistansi tanah sudah cocok untuk menerima arus lebih tersebut. Dengan analisa dalam tugas akhir ini mengambil contoh pada salah satu gardu distribusi yang terletak di LPKA Kelas II Tomohon, Dengan data yang ada melakukan perhitungan untuk dapat mengetahui metode grounding yang cocok untuk di pasang dalam gardu distribusi tersebut

## I. PENDAHULUAN

Sistem Distribusi merupakan salah satu system dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah jadi system ini bukan hanya menerima daya listrik dari sumber daya melainkan juga untuk mendistribusikan daya tersebut kepada konsumen. Mengingat ini berhubungan langsung dengan konsumen maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan oleh Badan Standarisasi Nasional.

kepada konsumen. Mengingat ini berhubungan langsung dengan konsumen maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan oleh Badan Standarisasi Nasional.

Pada saat ini permintaan kebutuhan konsumen semakin hari semakin banyak khususnya juga di daerah Kota Tomohon . seiring pertumbuhan pelanggan atau beban energi listrik dari tahun ketahun khususnya di LPKA Kelas II Tomohon akan tetapi sering terjadi permasalahan yang timbul pada pendistribusian ketenagalistrikan salah satunya adalah pembebanan transformator sehingga sangat dibutuhkan pergantian transformator agardapat memenuhi permintaan kebutuhan listrik dari konsumen.

Pada sistem tenaga yang semakin besar dengan panjang saluran dan besarnya tegangan akan menimbulkan arus gangguan yang semakin besar oleh karna itu dalam sistem distribusi juga sangat membutuhkan grounding agar supaya jika terjadi arus lebih atau sambaran petir maka tidak akan terjadi pemutusan (clearing) dan pukulan balik (restricking) dari busur listrik secara berulang ulang, hal ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan tegangan transient yang lebih tinggi yang dapat merusak peralatan termasuk transformator mengingat komponen yang paling mahal adalah transformator.

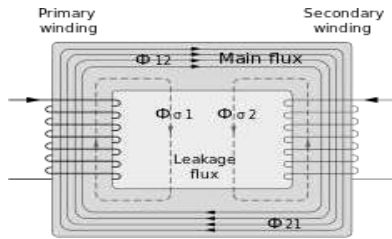
## II. LANDASAN TEORI

### 1. Transformator

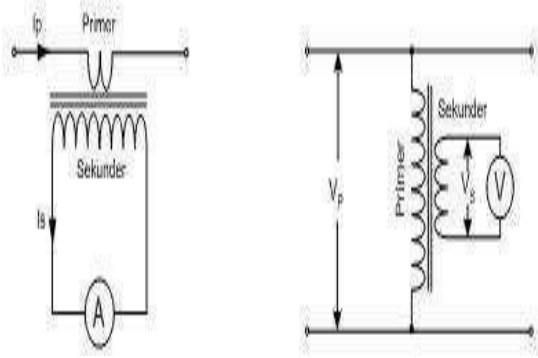
Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi–elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap–tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Sebuah transformator, seperti terlihat pada gambar pada dasarnya terdiri atas dua buah lilitan, masing – masing disebut sebagai lilitan primer dan sekunder terisolasi satu sama lainnya dililitkan pada inti yang sama umumnya terbuat dari baja atau besi.

Transformator sesuai dengan hukum Faraday mengatakan bahwa jika sebuah kawat penghantar dipotong oleh medan magnetik yang berubah terhadap waktu maka akan dibangkitkan ggl induksi pada kawat penghantar tersebut. Oleh karena kedua belitan dilingkupi oleh fluks magnetik yang sama maka besarnya ggl per satuan lilitan untuk kedua belitan adalah sama.



Gambar 2.1 rangkaian transformator



Gambar 2.2 Transformator arus & tegangan

Kumparan trafo adalah beberapa lilitan kawat berisolasi akan membentuk suatu kumparan. Kumparan itu diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain lain. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan kumparan sekunder.

Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/ arus bolak balik maka pada kumparan tersebut timbul fluks. Fluks ini akan menginduksi tegangan.

Bila pada rangkaian sekunder di tutup ( bila ada rangkaian beban ) maka akan menghasilkan arus pada kumparan ini.

Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan arus.

Minyak transformator merupakan cairan yang dihasilkan dari proses pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak ini juga berasal dari bahan organik, misalnya minyak piranol dan silikon, beberapa minyak transformator yang sering dijumpai di lapangan adalah minyak transformator jenis Diala A, Diala B dan Mecrans.

Hubungan antara transformator ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tanki transformator.

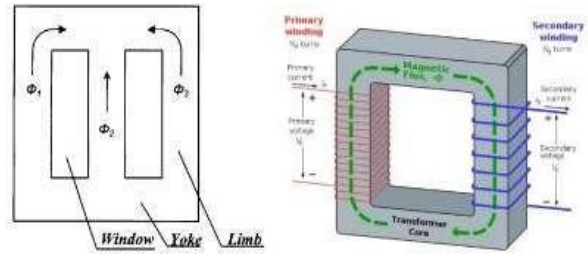
Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi

oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan body main tank transformator.

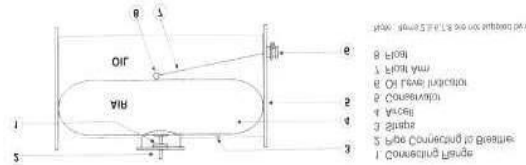
Pada umumnya bagian-bagian transformator yang terendam minyak trafo ditempatkan di dalam tangki. Untuk menampung pemuatan minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator. Konservator merupakan tabung berisi minyak

transformator yang diletakkan pada bagian atas tangki.

Fungsinya yaitu untuk menjaga ekspansi atau meluapnya minyak akibat pemanasan dan sebagai saluran pengisian minyak



gambar 2.3 inti besi trafo



Gambar 2.4 tangki dan konservator

#### A. Tap Changer (Perubahan Tap)

Tap changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang diinginkan dari jaringan tegangan primer yang berubah-ubah. Tap changer yang bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator tidak berbeban disebut Off Load Tap Changer dan hanya dapat dioperasikan secara manual. Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan berbeban disebut On Load Tap Changer dan dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis.

Secara umum tap changer bekerja berdasarkan perbandingan kumparan primer dan sekunder

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

Keterangan :

V1 = tegangan pada sisi primer ( volt )

V2 = tegangan pada sisi sekunder ( volt )

N1 = jumlah lilitan pada sisi primer

N2 = jumlah lilitan pada sisi sekunder

$$V1 = N1$$

$$V2 = N2$$

Dengan adanya nilai tegangan system yang tidak stabil, maka diperlukan sebuah alat yang digunakan untuk mengatur nilai tegangan keluarannya. Nilai tegangan system yang berubah-ubah ini biasanya terjadi pada sisi primer transformator, sehingga pada sisi primer inilah biasanya dipasang tap changer.

#### B. Akibat pernafasan ( Dehydrating Breather )

Akibat pernafasan Transformator tersebut maka permukaan minyak akan selalu bersinggungan dengan udara luar.

Udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernafasan berupa tabung berisi kristal zat hygroskopis.

#### C. Induktor

Untuk mengawasi selama transformator beroperasi, maka perlu

adanya indikator pada transformator sebagai berikut :

Indikator suhu minyak

Indikator permukaan minyak

Indikator suhu winding

Indikator kedudukan tap

## 2. Grounding (pentanahan)

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai grounding system adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi.

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu system proteksi. Tidak jarang orang umum/ awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam mengprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut.

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah ke dalam system pentanahan, sedang kenyataan yang terjadi suatu system pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

## 3. Kontak Tanah

Bagian lain dari system hubungan pentanahan yaitu tanah itu sendiri dimana kontak antara tanah dengan pasak yang tertanam harus cukup luas sehingga nilai tahanan dari jalur arus yang masuk atau melewati tanah masih dalam batas yang diperkenankan untuk penggunaan tertentu. Hambatan jenis tanah yang akan menentukan tahanan pentanahan yang dipengaruhi oleh beberapa factor yang meliputi :

Temperatur tanah.

Besarnya arus yang melewati.

Kandungan air dan bahan kimia yang ada dalam tanah.

Kelembaban tanah.

Cuaca.

Tahanan dari jalur tanah ini relative rendah dan tetap sepanjang tahun. Untuk memahami tahanan tanah harus rendah, dapat dengan menggunakan hukum Ohm yaitu :

$$E = I X R$$

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperoleh tahanan yang rendah. Elektrode baja digunakan sebagai penghantar saluran distribusi dan pentanahan substasion

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas 100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi (corosi allowance).

Untuk tanah yang bersifat korosi lambat, dengan tahanan 25-100 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 15% dengan pemilihan

penghantarsudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.

Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.

d. Penghantar dapat dipilih dari ukuran standart seperti 10 x 6mm sampai 65 x 8mm.

## 4. Faktor Penyebab Tegangan Permukaan Tanah

Pengaruh uap lembab dalam tanah

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan faktor penentu nilai tegangan tanah. Variasi dari perubahan uap lembab akan membuat perbedaan yang menonjol dalam efektifitas hubungan elektrode pentanahan dengan tanah. Hal ini jelas terlihat pada kandungan uap lembab di bawah 20%. Nilai di atas 20% resistivitas tanah tidak banyak terpengaruh, tetapi di bawah 20% resistivitas tanah meningkat drastic dengan penurunan kandungan uap lembab. Berkaitan dengan kandungan uap lembab, tes bidang menunjukkan bahwa dengan lapisan permukaan tanah 10 kali akan lebih baik ditahan oleh batas dasar.

Elektroda yang dipasang dengan dasar batu biasanya memberikan kualitas pentanahan yang baik, hal ini disebabkan dasar-dasar batu sering tidak dapat tembus air dan menyimpan uap lembab sehingga memberikan kandungan uap lembab yang tinggi.

Pengaruh tahanan jenis tanah

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa elektrode harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah. Tahanan tanah bervariasi di berbagai tempat dan cenderung berubah menurut cuaca. Tahanan tanah ditentukan juga oleh kandungan elektrolit di dalamnya, kandungan air, mineral-mineral dan garam-garam. Tanah yang kering biasanya mempunyai tahanan yang tinggi, namun demikian tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut.

Pengaruh temperature

Temperatur akan berpengaruh langsung terhadap resistivitas tanah dengan demikian akan berpengaruh juga terhadap performa tegangan permukaan tanah. Pada musim dingin struktur fisik tanah menjadi sangat keras, dan tanah membeku pada kedalaman tertentu.

Air di dalam tanah membeku pada suhu di bawah 0 OC dan hal ini menyebabkan peningkatan yang besar dalam koefisien temperatur resistivitas tanah. Koefisien ini negatif, dan pada saat temperature menurun, resistivitas naik dan resistansi hubung tanah tinggi.

Perubahan Resistivitas Tanah

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa resistivitas tanah sangat tergantung dengan material pendukung tanah, temperatur dan kelembaban. Daerah dengan struktur tanah berpasir, berbatu dan cenderung berstruktur tanah padas mempunyai resistivitas yang tinggi.

Disinyalir kondisi tanah yang demikian diakibatkan kerusakan yang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuhan-tumbuhan yang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus dan berkurang kelembabannya.

Korosi

Komponen sistem pentanahan dipasang di atas dan di bawah permukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yang berlainan. Bagian

yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikel debu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkandung dalam air hujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor. Bagian di bawah tanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah, bahan-bahan kimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkan korosi. Secara umum terdapat dua penyebab terjadinya korosi

#### Korosi bimetal

Penyambungan logam yang tidak sejenis dan terdapat cairan konduktiv listrik ringan adalah situasi yang sangat banyak terjadi di bawah tanah. Logam yang mempunyai sifat lebih rentan akan lebih cepat mengalami korosi. Tabel 3 memperlihatkan klasifikasi logam berdasarkan daya tahan terhadap korosi.

Jika logam terletak pada tanah dengan kandungan elektrolit tinggi, logam dengan daya tahan lebih tinggi bersifat katodik sedangkan logam yang lebih rentan bersifat anodik. Logam yang bersifat anodik akan terkorosi. Metode untuk mencegah terjadinya korosi galvanis dengan menerapkan aturan daerah (areas rule). Area logam anodik (khususnya untuk baja) dibagi dengan area logam katodik (khusus untuk tembaga). Perbandingan antara anodik dan katodik menurun, resiko kecepatan korosi naik dengan taja.

#### Korosi Kimia

Berdasarkan skala pH, kondisi tanah dapat dibedakan menjadi kondisi asam, basa dan netral. Korosi kimia akan terjadi pada tanah asam ataupun basa. Kecepatan korosi akan dipengaruhi oleh daya tahan logam, jika logam bersifat rentan maka akan lebih cepat terkorosi. Sebagai pedoman, material yang berada di sekeliling elektroda sebaiknya relatif netral.

#### 5. Usaha Menurunkan Tegangan Permukaan Tanah

Metode konvensional untuk menurunkan tegangan permukaan tanah yang bernilai tinggi adalah dengan menurunkan tahanan jenis tanah. Beberapa zat aditif yang ditambahkan di dalam tanah terbukti mampu menurunkan tahanan jenis tanah dan secara langsung akan menurunkan tegangan permukaan tanah. Beberapa jenis garam yang secara alamiah terkandung di dalam tanah cenderung bersifat konduktif dan menurunkan tahanan jenis tanahnya.

Penambahan aditif harus diperhitungkan cermat karena beberapa aditif pada dosis tertentu cenderung bersifat korosif yang sangat dihindari dalam sistem pentanahan. Buku- buku pentanahan kuno (1930-an), menyatakan bahwa tahanan elektroda dapat turun sampai dengan 90 % dengan perlakuan kimia. Bahan-bahan yang digunakan adalah sodium klorid (garam), magnesium sulfat (garam Inggris), tembaga sulfat, sodium karbonat (soda api), dan kalsium klorid.

Bahan-bahan ini disebar disekitar elektroda melalui sebuah lubang di sekeliling elektroda. Resistivitas yang dihasilkan dapat turun 0,2 Ohm-m dengan menambahkan soda api dan 0,1 Ohm-m dengan penambahan garam dapur. Bahan-bahan terbaru yang digunakan untuk menurunkan tahanan jenis tanah antara lain sebagai berikut:

#### Bentonite

Bentonite adalah bahan alami berupa tanah liat berwarna coklat muda sewarna minyak zaitun dengan tingkat keasaman rendah, mempunyai pH 10,5. Bentonite mampu menyerap air disekitarnya lima kali berat bentonite sendiri dan menahannya. Dimensinya dapat mengembang 13 kali volume keringnya.

#### Marcionite

Marcionite adalah bahan yang bersifat konduktif dengan kandungan kristal

karbon yang cukup tinggi pada fase normalnya, dan juga mengandung belerang dan klorida dengan konsentrasi rendah. Seperti halnya bentonite, marcionite akan bereaksi korosif terhadap logam tertentu, dan memiliki tahanan jenis rendah.

Logam yang digunakan sebaiknya dilapisi bitumen atau cat bitumastik sebelum dihubungkan dengan marcionite. Aluminium, lapisan timah dan baja galvanis sebaiknya jangan dipasang pada marcionite. Marconite dapat mempertahankan kelembabannya dalam kondisi lingkungan sangat kering sehingga kelemahan bentonite dapat ditutup oleh marcionite. Marcionite juga digunakan sebagai bahan anti statik pada lantai dan tabir elektromagnetik. Marcionite terdaftar dalam merek dagang Marconi Communication System United.

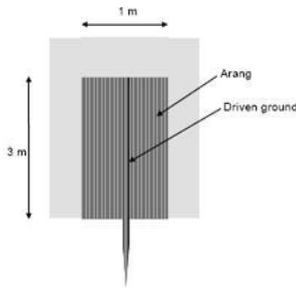
#### Gypsum

Adakalanya kalsium sulfat (gypsum) digunakan sebagai bahan uruk, baik dalam fase sendiri maupun dicampur dengan bentonite atau dengan tanah alami berasal dari daerah tersebut. Gypsum mempunyai kelarutan yang rendah sehingga tidak mudah dihilangkan, tahanan jenisnya rendah berkisar 5-10 Ohm-m pada kondisi jenuh. Dengan pH berkisar 6,2 -6,9, gypsum cenderung bersifat netral. Gypsum tidak mengkorosi tembaga, meskipun terkadang kandungan ringan SO<sub>3</sub> menjadi masalah pada struktur dasar dan fondasi. Zat ini tidak mahal dan biasanya dicampur dengan tanah urukan sekitar elektroda. Diklaim zat ini membantu mempertahankan tahanan yang rendah dengan periode waktu yang relatif lama, pada daerah dengan kandungan garam disekitarnya dilarutkan oleh aliran air (hujan) Resistivitas tanah yang tinggi disinyalir sebagai sebab utama tingginya tahanan tanah.

#### Arang Kayu

Perlakuan kimiawi terhadap tanah dirasa cocok dan murah diterapkan sebagai solusi pemecahan terhadap tingginya tahanan tanah. Metode tersebut dilakukan dengan memberikan bahan urukan (backfill material), yang digunakan adalah arang kayu untuk menurunkan resistivitas tanah. Arang kayu dimasukkan dalam lubang yang dibuat di sekitar driven ground dengan dimensi diameter 1 m dan kedalaman 3 m.

Abu pusat pembangkit dan arang digunakan karena kandungan karbon yang tinggi cenderung bersifat konduktif. Namun demikian bahan ini mengandung oksida karbon, titanium, potassium, sodium, magnesium atau kalsium bercampur dengan silika dan karbon. Pada kondisi basah, beberapa zat tersebut tidak dapat dielakkan bereaksi dengan tembaga dan baja menyebabkan korosi. Dengan demikian penggunaan arang kayu sebagai backfill material perlu dievaluasi kembali atau mungkin perlunya lapisan pelindung pada elektroda seperti bitumen ditambahkan.

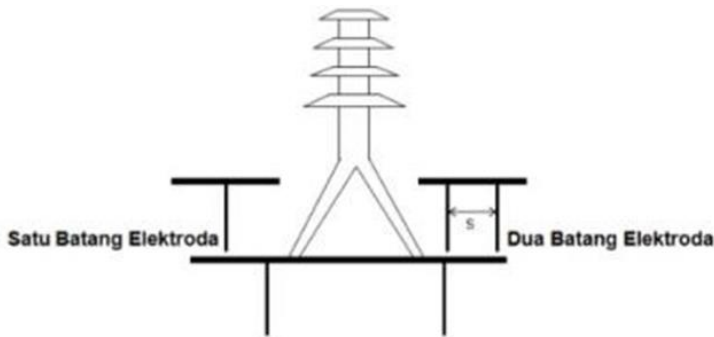


gambar 2.5 elektroda batang

### III. Metode penelitian

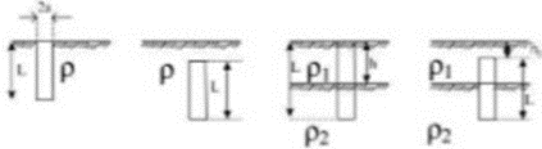
#### Metode Driven Ground

Metode pentanahan dengan tipe driven ground ini adalah pentanahan yang dilakukan dengan cara menancapkan batang elektroda ke tanah seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 metode driven road

Adapun untuk penanaman dari batang elektroda untuk pentanahan ada beberapa cara seperti gambar dibawah ini.



Untuk dapat menghitung nilai tahanan elektroda yang di tanam tegak lurus dekat permukaan tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{4 \cdot l}{r} - 1 \right)$$

Dimana :

R = tahanan pembumian elektroda batang (Ω)

P = Resistansi jenis tanah (Ω-m)

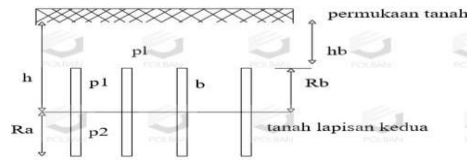
L = Panjang elektroda batang yang tertanam (m)

r = jari-jari batang elektroda (m)

Persamaan untuk dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus di dalam tanah juga diturunkan oleh H.B. Dwight dengan besar tahanan pentanahan ialah :

$$R = \frac{\rho}{4\pi \cdot l} \left( \ln \frac{4 \cdot l}{r} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi \cdot s} \left( 1 - \frac{l^2}{3 \cdot s^2} + \frac{2 \cdot l^4}{5 \cdot s^4} \right)$$

Untuk jumlah konduktor yang lebih banyak, tahanan pentanahan akan distribusi tegangan akan semakin merata. Penanaman elektroda yang tegak lurus ke dalam tanah dapat berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang dengan jarak antara batang elektroda adalah sama.



Nilai tahanan pentanahan untuk beberapa batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah di mana rod menembus lapisan tanah paling bawah/kedua, dihitung dengan mengikuti persamaan.

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b}}$$

Rt adalah tahanan elektroda batang (road)

$$R_a = \frac{\rho \cdot \omega}{(L + hb - h)} \cdot g_0 \cdot \frac{F_0}{N}$$

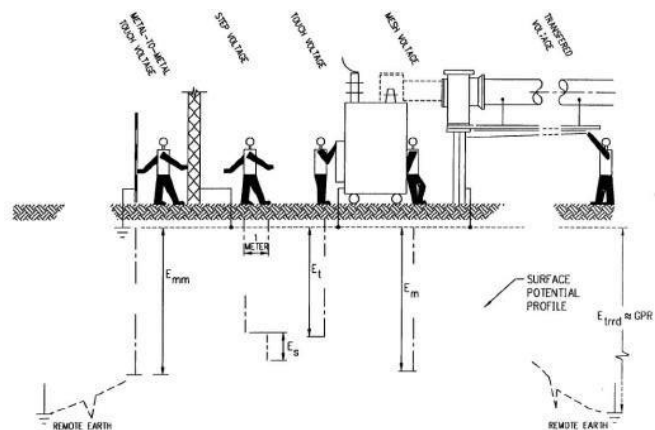
Ra adalah tahanan pembumian pada lapisan tanah kedua

$$R_b = \frac{\rho_1}{(h - hb)} \cdot g_0 \cdot \frac{F_0}{N} + \frac{\rho_1}{h} \cdot \varphi_0$$

Rb adalah tahanan pembumian pada lapisan tanah pertama (m)

#### Tegangan Sentuh

Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa objek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pembumian yang berada di bawahnya

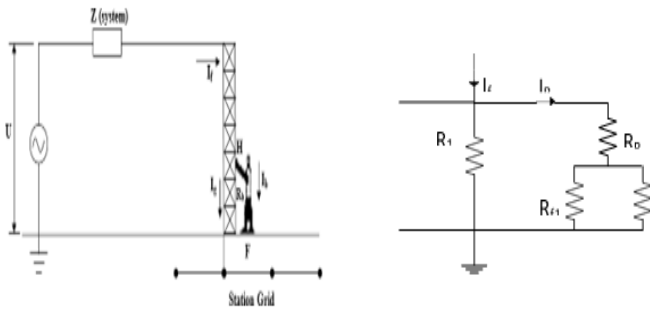


Gambar 3.2 tegangan sentuh

Gambar dibawah ini menunjukkan kejadian yang menyebabkan timbulnya tegangan sentuh pada saat terjadi gangguan hubung singkat



yang mengalir ke *body* peralatan yang dengan sengaja atau tanpa sengaja disentuh oleh manusia. Peristiwa tegangan sentuh ini diformulasikan pada rangkaian ekivalen



### Jenis – Jenis Tanah dan Tahanannya

Tanah memiliki variasi tahanan jenisnya sendiri. Dibawah ini dapat dilihat beberapa jenis tanah dengan tahanan jenisnya masing-masing.

No.	Jenis Tanah yang Mengandung	Tahanan Jenis Tanah (ohm.meter)
1.	air garam	5 – 6
2.	Rawa	30
3.	Tanah liat	100
4.	Pasir Basah	200
5.	Batu-batu kerikil basah	500
6.	Pasir dan batu krikil kering	1000
	Batu	3000

Table 3.1 jenis tanah dan tahanannya

sripsi ini data-datanya sebagai berikut :

Transformator dengan kapasitas 300kVA, perbandingan tegangan 20000/400 Volt, diproduksi tahun 2019 dengan Vektor grup Dyn5, dan pendinginan menggunakan tipe ONAN, serta oli yang digunakan jenis mineral. Dan name plate dari transformator tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

### Data Resistansi Tanah di Lokasi

Bedasarkan hasil pengukuran tahanan tanah atau resistansi tanah pada saat pengukuran dengan menggunakan Alat ukur Earth Tester di peroleh hasil 69,05 Ohm. Dilihat dari hasil yang diperoleh maka nilai tersebut jauh dari standar yang diijinkan yakni ....Ohm. Untuk itu perlu

dilakukan perbaikan kembali untuk mendapatkan nilai tahanan tanah yang diinginkan. Ada beberapa metode yang ada, tetapi dalam penelitian ini maka penulis hanya mengambil suatu metode yakni Metode Driven Rod yang sesuai dengan standar dari IEEE pada gardu distribusi.

Data Untuk Perhitungan Metode Diven Ground

$\rho$	L	h	hb	g0	Fo	N	$\varphi 0$
69.05	2	2	1	0.143	2	15	0

Table 3.2 data perhitungan driven road

Menghitung nilai tahanan menggunakan satu batang elektroda (metode Driven Rod)

Untuk menghitung nilai tahanan tanah menggunakan metode Driven Rod maka dengan persamaan 1 untuk mencari nilai tahanan menggunakan satu batang elektroda . Dimana nilai resistivitas tanah ( $\rho$ ) 69,05 ohm , panjang batang pentanahan yang terpasang (L) 2 meter dan jari-jari batang elektroda (r) 0.02 meter maka perhitungannya adalah :

$$R = \frac{69.05}{2 \times 3.14 \times 2} (\ln \frac{4 \times 2}{0.02} - 1)$$

$$= 27.39 \text{ Ohm}$$

Mencari nilai tahanan menggunakan dua batang elektroda

Untuk mencari nilai tahanan menggunakan dua batang elektroda . Dengan nilai resistivitas tanah ( $\rho$ ) 69.05 ohm, panjang batang pentanahan yang terpasang (L) 2 meter, jari-jari batang elektroda (r) 0.02 meter dan jarak antar elektroda (s) 5 meter, maka perhitungannya

$$R = \frac{69.05}{4 \times 3.14 \times 2} (\ln \frac{4 \times 2}{0.02} - 1) + \frac{69.05}{4 \times 3.14 \times 5} (1 - \frac{2^2}{3 \times 5^2} + \frac{2 \times 2^4}{5 \times 5^4})$$

$$= 3,77 \text{ Ohm}$$

Mencari nilai tahanan menggunakan beberapa batang elektroda

persamaan yang digunakan untuk mencari nilai tahanan beberapa batang elektroda ( $R_t$ ) , maka perlu untuk mencari nilai-nilai

## IV. ANALISA PERBAIKAN RESISTANSI TANAH PADA TRANSFORMATOR di LPKA TOMOHON

### Data Transformator Distribusi LPKA Tomohon

Transformator distribusi yang menjadi objek penelitian untuk



dari Ra dan Rb terlebih dahulu.

1) Menghitung nilai Ra

$$= \frac{69.05}{(2+1-2)} \cdot 0.143 \cdot \frac{2}{15}$$

$$= 1.283$$

2) Menghitung nilai persamaan Rb

$$Rb = \frac{69.05}{(2-1)} \times 0.143 \times \frac{2}{15} + \frac{69.05}{2} \cdot 0$$

$$= 1.283$$

Sehingga nilai dari Rt :

$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{1.283} + \frac{1}{1.283}}$$

$$= 0,645 \text{ ohm}$$

Mencari nilai tahanan langkah

Untuk mencari suatu nilai dari tegangan sentuh yang di perbolehkan adalah dengan berat manusia 50 kg dan lama gangguan (tf) adalah 0.1 detik

$$E_{s50} = (1000 + 6C_s \times \rho_s) I b_{50}$$

$$I b_{50} = \frac{0.0116}{\sqrt{t_f}} = 0.0367$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{69.05}{8500})}{2 \times 0.20 + 0.09}$$

$$= 0,819$$

$$E_{step50} = (1000 + 6 \times 0.819 \times 69.05) \frac{0.116}{\sqrt{0.1}}$$

$$= 448.669 \text{ v}$$

Mencari nilai tahanan sentuh

Untuk mencari suatu nilai dari tegangan sentuh yang di perbolehkan adalah dengan berat manusia 50kg dan lama gangguan (tf) adalah 0.1 detik

$$E_{t50} = (1000 + 1.5C_s \times \rho_s) I b_{50}$$

$$I b_{50} = \frac{0.0116}{\sqrt{t_f}}$$

$$E_{touch50} = (1000 + 1.5 \times 0.819 \times 69.05) \frac{0.116}{\sqrt{0.1}}$$

$$= 363,432 \text{ V}$$

Analisa Data Hasil Perhitungan

Standar pentanahan peralatan gardu distribusi berkisar 0 –

1 ohm. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa jika menggunakan metode driven rod atau menancapkan satu batang elektroda ke tanah, maka nilainya jika menggunakan 1 batang 27.39 ohm. Sedangkan bila menggunakan 2 batang elektroda maka hasil yang didapat ialah 3.77 ohm.

Untuk dapat memenuhi standar maka pada area peletakan gardu distribusi untuk nilai efektif jumlah konduktor paralel adalah 15 buah. Dengan menggunakan jumlah efektif konduktor paralel, nilai dari 15 batang elektroda yang ditancapkan menggunakan metode driven rod diperoleh 0,645 ohm.

Kesimpulan

- [1] Metode Driven Rod bila digunakan pada pentanahan peralatan pada Gardu Distribusi di LPKA Kelas II Tomohon memenuhi standar pentanahan IEEE dengan menggunakan beberapa batang elektroda dimana nilai dari metode tersebut dibawah 1ohm.
- [2] Nilai efektif jumlah konduktor yang dihitung adalah 15 buah, dengan jarak antar sisi 5 meter dan kedalaman 2 meter. Maka dengan mengubah nilai dari jarak antara sisi dan kedalaman elektroda yang ditancapkan sangat mempengaruhi nilai tahanan .
- [3] Tegangan sentuh dan tegangan langkah pada Gardu Distribusi di LPKA Kelas II Tomohon memiliki nilai yang sesuai standart atau tidak melewati batas standart yang ditetapkan oleh IEEE std 20-8000

Saran

- [1] Pentanahan peralatan pada Gardu Distribusi di LPKA Kelas II Tomohon sebaiknya menggunakan metode Drivend Ground dengan beberapa batang elektroda.
- [2] Menambahkan jumlah elektroda yang ada menjadi 15 buah.
- [3] Melakukan pengecekan/pengukuran nilai resistivitas tanah pada Gardu distribusi secara berkala.
- [4] Melakukan pengecekan korosi pada elektroda secara berkala.

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aldeo Beyerly Pai anak kedua dari dua bersaudara, lahir di Langowan pada tanggal 17 Oktober 1996. Penulis menempuh pendidikan pertama di TK Anugerah Tempang pada tahun 2001 - 2002, kemudian melanjutkan ke SD N Inpres Tempang pada tahun 2002-2008, setelah itu melanjutkan sekolah di SMP N 3 Langowan pada tahun 2008-2011. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMA N 1 Langowan pada tahun 2011-2014, penulis melanjutkan studi di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado. Penulis melaksanakan kerja praktek di PT Hendry Elyon Narwastu di Manado pada tanggal 16 Agustus 2021 – 16 Oktober 2021.









