

## **STUDI PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN SISTEM PEMBUMIAN GARDU DISTRIBUSI SL.212 PT PLN (PERSERO) UNIT LAYANAN PELANGGAN SUNGGAL**

**Martin Ganda Putra Manik<sup>1</sup>, Alfin Yahya<sup>2</sup>, Cholish<sup>3</sup>**

Teknik Listrik<sup>1,2,3</sup>, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

[martingandaputramanik@students.polmed.ac.id](mailto:martingandaputramanik@students.polmed.ac.id)<sup>1</sup>, [alfinyahya@students.polmed.ac.id](mailto:alfinyahya@students.polmed.ac.id)<sup>2</sup>,

[cholish@polmed.ac.id](mailto:cholish@polmed.ac.id)<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

Salah satu parameter untuk menentukan tingkat keamanan suatu sistem pembumian gardu distribusi adalah mengetahui besarnya tahanan jenis tanah disekitar gardu distribusi. Sistem pentanahan bertujuan sebagai pengaman terhadap peralatan dan manusia secara langsung bila terjadi arus bocor atau gangguan tanah akibat tegangan lebih dan kegagalan isolasi maka dari itu harus dilakukan pemeliharaan dan perbaikan. Pemeliharaan bertujuan untuk menjaga sistem atau peralatan dalam kondisi normal dengan melakukannya secara terjadwal ataupun tanpa jadwal. Sedangkan perbaikan bertujuan untuk mengembalikan kondisi dan fungsi dari suatu sistem atau peralatan yang rusak akibat pemakaian. Untuk menghindari gangguan tersebut, maka diperlukan salah satu pengaman dengan sistem menggunakan pentanahan gardu distribusi dan instalasi jaringan listrik. Dalam beberapa tahun belakangan ini ada begitu banyak kasus yang menyebabkan kontinuitas dan kualitas penyaluran listrik menurun. Antara lain karena faktor alam, manusia, dll. Akibat dari buruknya sistem pembumian dan besar tahanan pembumian yang tidak sesuai standar dapat mengakibatkan kerusakan pada Transformator. Tujuan dilakukan penelitian ini menganalisis besar tahanan sistem pembumian agar sesuai standar yang harus dicapai sekecil-kecilnya dibawah atau sama dengan 5 ohm. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran pada tanah kemudian mengukur dan menentukan konfigurasi pembumian yang tepat untuk digunakan. Lewat analisis ini penulis mengharapkan, agar PT PLN (Persero) ULP Sunggal dapat memelihara dan memperbaiki lebih awal pada sistem pembumian gardu distribusi SL.212, untuk menjaga kontinuitas penyaluran dan pelayanan kepada pelanggan.

**Kata Kunci** : Sistem Pembumian, Gardu Distribusi, Besar Tahanan

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Energi Listrik sangat dibutuhkan manusia dalam menyelenggarakan kehidupannya, untuk menyalurkan kebutuhan listrik tersebut diperlukan suatu jaringan dan gardu distribusi. Karena kebutuhan manusia akan listrik semakin banyak maka diperlukan juga peralatan yang bisa mencukupi kebutuhan tersebut. Dengan demikian untuk menjaga serta mengamankan pemakai serta peralatan listrik, diperlukan sebuah sistem yaitu sistem pembumian pada trafo distribusi itu sendiri. Sistem pembumian pada trafo distribusi bertujuan sebagai pengaman langsung terhadap peralatan dan manusia bila terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi dan tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi.

Oleh karena itu, dengan terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi pada peralatan jaringan distribusi yang diakibatkan oleh alam dan manusia, akan menimbulkan kerugian bagi masyarakat dan hal ini juga akan merugikan pihak perusahaan itu sendiri. Dilain pihak, semua jaringan distribusi memerlukan pemeliharaan dan perbaikan baik secara berkala maupun mendadak, karena gangguan serta kerusakan yang menyebabkan terhentinya penyaluran aliran listrik ke konsumen.

Sistem pentanahan pada jaringan distribusi digunakan sebagai pengaman langsung terhadap peralatan dan manusia bila terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi dan tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi. Petir dapat menghasilkan arus gangguan dan juga tegangan lebih dimana gangguan tersebut dapat dialirkan ke tanah dengan menggunakan sistem pentanahan. (Hutauruk, TS. 1986).

### Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang yang telah dibahas dan untuk menjaga agar pembahasan ini lebih terarah kepada tujuan yang ingin dicapai, maka rumusan masalah yang akan diangkat adalah :

1. Apa akibat yang timbul karena buruknya sistem pembumian ?
2. Mengapa perlu dilakukan perbaikan nilai tahanan pembumian ?
3. Bagaimana cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki nilai tahanan pembumian?

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dampak yang timbul akibat buruk nya nilai tahanan pembumian pada gardu distribusi SL.212 PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Sunggal.
2. Untuk mendapatkan besar tahanan pembumian sesuai dengan standar pada gardu distribusi SL.212 PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Sunggal.
3. Mengetahui cara untuk memperbaiki nilai tahanan pembumian pada gardu distribusi SL.212 PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Sunggal.

### TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pembumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan maupun arus abnormal. Nilai dari tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan. Sebuah bangunan gedung agar terhindar dari bahaya sambaran petir dibutuhkan nilai tahanan pentanahan kurang dari 5  $\Omega$  (Nasional, 2000), sedangkan untuk peralatan elektronik dibutuhkan nilai tahanan pentanahan Kurang dari 3  $\Omega$  bahkan beberapa perangkat yang sensitif membutuhkan nilai tahanan pentanahan kurang dari 1  $\Omega$ . Upaya mendapatkan nilai pentanahan kurang dari 3  $\Omega$  untuk peralatan elektronik cukup sulit karena nilai pentanahan juga dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, suhu dan kelembaban, dan kondisi elektrolit tanah (Widyaningsih, 2013) .

### Uraian Teori

#### a. Pengertian Sistem Pembumian

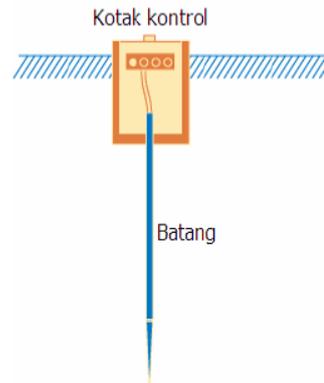
Sistem pembumian adalah suatu tindakan pengamanan dalam jaringan distribusi yang langsung rangkaiannya ditanahkan dengan cara mentanahkan badan peralatan instalasi yang diamankan, sehingga bila terjadi kegagalan isolasi, terhambat atau bertahannya tegangan sistem karena terputusnya arus oleh alat-alat pengaman tersebut. Sistem pembumian digunakan sebagai pengaman langsung terhadap peralatan dan manusia bila terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi dan tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi. Petir dapat menghasilkan arus gangguan dan juga tegangan lebih dimana gangguan tersebut dapat dialirkan ke tanah dengan menggunakan sistem pembumian.

#### b. Elektroda pembumian

Elektroda pentanahan merupakan suatu alat yang ditanam langsung didalam tanah yang berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah. Jenis-jenis elektroda :

##### 1. Elektroda Batang

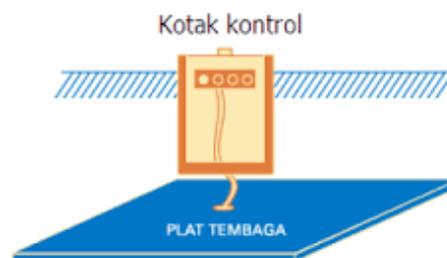
Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk.



Gambar 1. Elektroda Batang

### 2. Elektroda Plat

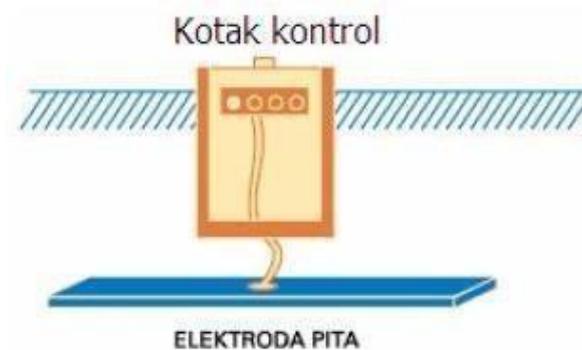
Elektroda plat adalah elektroda dari plat logam. Pada pemasangannya elektroda ini dapat ditanam tegak lurus atau mendatar tergantung dari tujuan penggunaannya. Bila digunakan sebagai elektroda pembumian pengaman maka cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter di bawah permukaan tanah dihitung dari sisiplat sebelah atas.



Gambar 2. Elektroda Plat

### 3. Elektroda Pita

Elektroda seperti gambar 3 berikut merupakan logam yang mempunyai penampang yang berbentuk pita atau dapat juga berbentuk bulat, pita yang dipilin atau dapat juga berbentuk kawat yang dipilin. Elektroda ini dapat ditanam secara dangkal pada kedalaman antara 0,5 sampai 1 meter dari permukaan tanah, tergantung dari kondisi dan jenis tanah.



Gambar 3. Elektroda Pita

### c. Resistansi Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara resistansi pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah resistansi jenis tanah ( $\rho$ ). Harga resistansi jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tidaklah sama. Beberapa faktor yang mempengaruhi resistansi jenis tanah yaitu :

#### 1. Pengaruh Keadaan Struktur Tanah

Kesulitan yang biasa dijumpai dalam mengukur resistansi jenis tanah adalah bahwa dalam kenyataannya komposisi tanah tidaklah homogen pada seluruh volume tanah, dapat bervariasi secara vertikal maupun horizontal.

Nilai resistansi jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Resistansi Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Tahanan jenis [ohm.m]
1	Tanah rawa	10-40
2	Tanah Pertanian	20-100
3	Pasir basah	50-200
4	Kerikil basah	200-3000
5	Kerikil kering	<1000
6	Tanah berbatu	2000-3000

#### 2. Pengaruh Unsur Kimia

Kandungan zat-zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan pula. Di daerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai resistansi jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pembumian yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

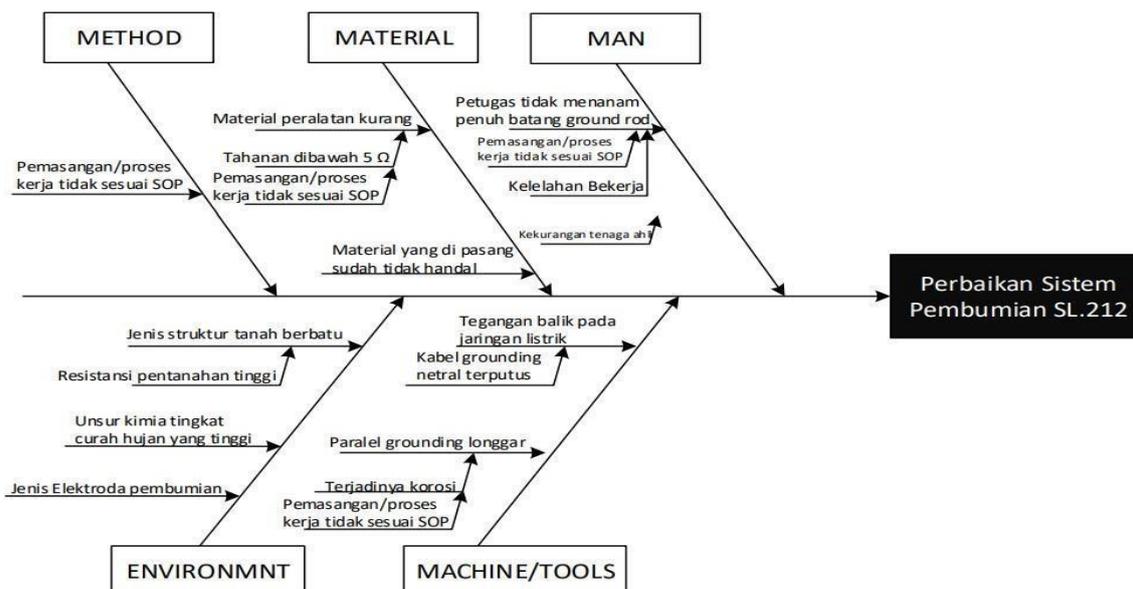
#### d. Resistansi pembumian

Resistansi pembumian meliputi :

1. Resistansi pembumian dari elektroda tanah tergantung pada jenis dan keadaan tanah atau nilai resistansi jenis.
2. Resistansi pembumian suatu elektroda harus dapat diukur.
3. Sambungan penghantar tanah dengan elektroda tanah harus kuat secara mekanis dan menjamin hubungan listrik dengan baik, misalnya dengan menggunakan las, klem, atau baut kunci yang tidak mudah lepas. Klem pada elektroda pipa harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10 mm.

### **METODE PENELITIAN**

Berikut Fishbone yang mencakup diagram diaram proses perbaikan pembumian di Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Sunggal yang biasa nya terjadi, sehingga menjadi penghambat untuk untuk pendistribusian energi listrik kepada pelanggan.

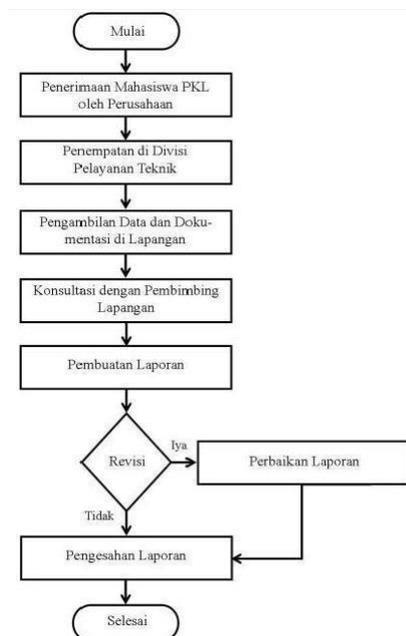


Gambar 4. Diagram Fishbone penelitian

### Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan yaitu pengukuran pada pentanahan Gradu distribusi SL.212. Selanjutnya setelah diukur tidak memenuhi standar, maka di lakukan perencanaan untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan sistem penumaian yang tadi nya dalam kondisi tidak handal menjadi kondisi Handal.

### Model Penelitian



Gambar 5. Diagram Flowchart Penelitian

### Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah dengan cara melakukan kegiatan Pengukuran Pentanahan sesuai dengan SOP di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Sunggal. Kemudian setiap hasil pengukuran akan di data dan di rekap kemudian di rencanakan untuk melakukan kegiatan Pemeliharaan dan Perbaikan.

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT PLN (Persero) ULP Sunggal merupakan unit perusahaan yang berada di bawah Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan yang beralamatkan di Jalan Listrik No.8, Petisah Tengah, Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20212.

### Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pada SL.212 menggunakan konfigurasi 3 batang elektroda ditanam sejajar dan dua batang elektroda di tanam sejajar dimana konfigurasi 3 batang elektroda yang ditanam sejajar digunakan pada pembumian Netral dan Body Transformator yang di paralel sementara konfigurasi 2 batang elektroda ditanam sejajar digunakan pada pembumian Lightning Arrester. Tahanan jenis tanah sebesar  $50 \Omega.m$  berdasarkan teori. Kita dapat menghitung besar tahanan pembumian pada Body Transformator dan Netral.

Perbandingan hasil perhitungan diatas dengan hasil pengukuran dilapangan pada tabel 2. berikut

Hasil pengukuran sebelum perbaikan	Hasil pengukuransetelah perbaikan	Hasil pengukuransetelah perbaikan berdasarkan teori
Bodi trafo 13,69 ohm	Bodi trafo 2,76 ohm	4,1ohm
Pembumian LA 9,69 Ohm	Pembumian LA 2,40 Ohm	4,1ohm
Pembumian Netral 14,22 ohm	Pembumian Netral 3,09ohm	4,1ohm

Dari hasil diatas diperoleh perbedaan nilai tahanan untuk body transformator dan netral sebesar  $0,53 \Omega$  dan perbedaan nilai tahanan untuk LA sebesar  $4 \Omega$ . Hal ini dapat terjadi akibat harga  $\rho$  tanah yang tidak sesuai di lapangan.

### Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan laporan ini diperlukan beberapa data pendukung yang dikumpulkan melalui metode sebagai berikut :

#### 1. Metode Wawancara

Metode wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data awal untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti. Dalam penyusunan ini, peneliti telah melakukan wawancara dengan beberapa pekerja di PT PLN (Persero) ULP Sunggal dan menemukan beberapa permasalahan dalam pekerjaan yang cukup krusial apabila tidak dilakukan sesuai dengan Standar operasional kerja.

#### 2. Metode Observasi

Pengamatan secara langsung yang dilakukan berdasarkan pengalaman penulis di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Sunggal.

#### 3. Metode Pustaka

Dalam proses penyusunan laporan ini, peneliti menggunakan beberapa literature berupa jurnal, buku, majalah elektronik dan sumber yang objektif sebagai acuan teori dalam pembahasan studi kasus yang diangkat.

#### 4. Rencana dan Evaluasi

Data-data yang dikumpulkan merujuk pada data rencana dan evaluasi yang telah tersusun serta hasil pengujian di lapangan.

### Teknik Analisis Data

Proses analisis data yang dilakukan penelitian ini menggunakan tiga langkah yaitu :

#### 1. Reduksi Data (*Data Reduction*)

Mereduksi data berarti merangkum, memilih hal-hal yang pokok, memfokuskan pada hal-hal yang penting, dicari tema dan polanya (Sugiyono, 2009).

## 2. Penyajian Data (*Display Data*)

Setelah data direduksi kemudian tahap selanjutnya adalah display data atau penyajian data. Penyajian data dalam penelitian kualitatif dilakukan dalam bentuk uraian singkat, bagan, hubungan antar kategori, *flowchart* dan sejenisnya (Sugiyono, 2016).

## 3. Penarikan kesimpulan (*Concluding Drawing Verivication*)

Langkah ketiga dalam proses analisis data adalah penarikan kesimpulan atau verifikasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persiapan Pekerjaan Perbaikan Grounding

Parameter yang paling penting dalam menilai kualitas grounding adalah resistansi atau nilai tahanan dalam satuan ohm yang terukur di koneksi grounding tersebut. Semakin kecil nilai tahanannya, semakin baik grounding tersebut. Artinya arus gangguan listrik atau petir dapat lebih cepat menuju bumi. Arus listrik secara alami cenderung mencari jalan dengan hambatan terkecil.

Perbaikan nilai resistansi pembumian dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah :

#### 1. Menambah panjang/kedalaman elektroda pembumian.

Dengan menambah panjang elektroda pembumian, batang elektroda dapat melewati beberapa lapisan tanah dan mendapatkan lapisan tanah dengan nilai resistansi yang terkecil.

#### 2. Menambah jumlah elektroda pembumian.

Cara lain menurunkan tahanan tanah adalah menggunakan banyak elektroda Grounding (pentanahan). Dalam desain ini, lebih dari satu elektroda dimasukkan ke tanah dan dihubungkan secara parallel. Agar penambahan elektroda efektif, jarak batang tambahan setidaknya harus sama dalamnya dengan batang yang ditanam. Tanpa pengaturan jarak elektroda grounding (pentanahan) yang tepat, bidang pengaruhnya akan berpotongan dan tahanan tidak akan menurun. Metode dengan menggunakan penanaman dua atau lebih batang elektroda yang dihubungkan secara parallel yang bertujuan untuk mendapatkan nilai resistansi pembumian yang sekecil-kecilnya.

Setelah melakukan pengukuran langsung penulis mendapat hasil tahanan pembumian pada Body Transformator dan Lightning Arrester sebesar 13,69  $\Omega$  dan 9,69  $\Omega$ , untuk besar tahanan pembumian pada Netral sebesar 14,22  $\Omega$ .

Nilai tersebut sangat tidak sesuai dengan standar, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Sebelum melakukan pekerjaan perbaikan grounding, perlu dilakukan persiapan alat ukur, alat kerja dan material.

#### 1) Mempersiapkan Alat Ukur

##### a) Earth Tester

Earth Tester adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari grounding. Besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pembumian dalam sistem pengamanan dalam instalasi listrik. Untuk mengetahui besar tahanan tanah pada suatu area digunakan alat ukur dengan penampil digital.

#### 2) Mempersiapkan Alat Kerja

##### a) Tang Press

Sebagai alat bantu untuk menyatukan atau mempress sambungan dengan h-type.

##### b) Martil/Palu

Sebagai alat bantu penanaman elektroda kedalam tanah.

#### 3) Mempersiapkan Material

##### a) Elektroda pembumian

Jenis elektroda pembumian yang digunakan adalah elektroda batang. Elektroda batang yang digunakan di PLN ULP Sunggal adalah besi berlapis tembaga. Ground rod biasanya berukuran 1,5 meter sampai 3 meter.

##### b) Kawat AAAC 70 mm<sup>2</sup>

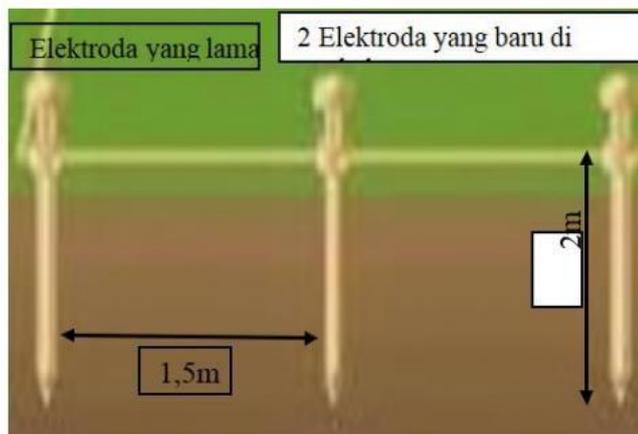
Kawat penghantar yang digunakan di PLN ULP Medan Baru adalah jenis AAAC. Kawat ini digunakan untuk menghubungkan semua batang elektroda yang akan ditanam dengan kawat grounding pada gardu. Kawat AAAC (All-Aluminium-Alloy Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium. Kawat ini merupakan penghantar telanjang tanpa isolasi. Kawat yang menghubungkan sirkuit ke batang grounding dibiarkan telanjang (tanpa isolasi).

c) H-type 70 mm<sup>2</sup>

Untuk menyambung antara dua penghantar, secara umum dipakai material penyambung yang disebut Connector. Prinsip, fungsi dan tujuan utama dari Connector jenis H-type ini adalah menyatukan dua penghantar sedemikian rupa sehingga tahanan kontak penyambungan itu menjadi sangat kecil atau sama dengan nol. H-type dipress menggunakan tang press di bagian tengah.

### Pemasangan Elektroda Pembumian

- 1) Penulis dibantu oleh pelayan teknik serta teman-teman magang dan diawasi oleh staf teknik untuk memperbaiki tahanan pembumian pada SL.212 tersebut.
  - 2) Mengukur nilai resistansi pembumian Body Transformator, Lightning Arrester dan Netral sebelum perbaikan menggunakan earth tester.
  - 3) Mencatat hasil pengukuran pada Body Transformator, Lightning Arrester dan Netral.
  - 4) Menyiapkan elektroda batang yang akan ditanam. Sebelum penanaman elektroda batang tanah lebih dulu disiram dengan air agar elektroda lebih mudah ditanam.
  - 5) Kami mulai menanam batang elektroda kedalam tanah yang telah di basahi, namun kami harus terus menyiram tanah ke daerah penanaman elektroda sembari mencabut dan menanam kembali batang elektroda yang masih tertanam sebagian, proses tersebut berulang dilakukan sampai batang elektroda berhasil sepenuhnya tertanam.
  - 6) Setelah menanam 3 buah elektroda batang kami menggunakan konfigurasi tiga batang elektroda di tanam sejajar dan dua elektroda di tanam sejajar. kami menghubungkan elektroda yang baru kami tanam dengan elektroda yang sudah ada dengan menggunakan kawat AAAC 70 mm<sup>2</sup>. Lightning Arrester yang sebelumnya sudah memiliki elektroda pembumian kami paralelkan dengan elektroda pembumian yang baru kami tanam, sementara pada Body Transformator kami memparalel elektroda pembumian yang sudah ada sebelumnya dengan yang baru kami tanam dan dengan elektroda pembumian netral.
  - 7) Pada kawat AAAC 70 mm<sup>2</sup> yang khusus untuk membumikan netral salah satu di bagian ujungnya di beri kabel schoen untuk menempelkan bagian ujung tersebut ke busbar netral yang ada pada PHB-TR .
  - 8) H-type 70 mm<sup>2</sup> digunakan untuk menghubungkan kawat antar elektroda.
  - 9) Setelah semua selesai dikerjakan dan batang elektroda terpasang dengan baik, maka dilakukan pengukuran kembali untuk melihat hasilnya.
- Terlihat pada gambar 6. dapat dilihat Konfigurasi penanaman elektroda batang pada transformator SL.212.



Gambar 6. Konfigurasi penanaman elektroda batang pada Body Transformator, Lightning Arrester dan Netral

- 10) Catat dan bandingkan pengukuran dengan pengukuran sebelumnya. Seperti terlihat pada gambar 7. hasil pengukuran sebelum perbaikan Hasil pengukuran sebelum perbaikan:

Body Transformator : 13,69  $\Omega$

Lightning Arrester : 9,69  $\Omega$

Netral : : 14,22  $\Omega$



Gambar 7. Hasil Pengukuran Sebelum Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan maka di dapat hasil pengukuran seperti terlihat pada gambar 8. sebagai berikut:

Body Transformator : 2,76  $\Omega$

Lightning Arrester : 2,40  $\Omega$

Netral : 3,09  $\Omega$





Gambar 8. Hasil Pengukuran Sesudah Perbaikan

### SIMPULAN

Setelah melakukan pengukuran, pendataan dan pembahasan tentang pembumian di Unit Layanan Pelanggan Sunggal, maka penulis menarik simpulan sebagai berikut :

1. Besar Resistansi Pembumian tergantung pada jenis tanah serta pada ukuran dan susunan elektroda.
2. Penggunaan peralatan dan komponen yang standar dalam perbaikan sistem pembumian, sangat berpengaruh terhadap besar tahanan pembumian tersebut.
3. Pemilihan konfigurasi penanaman elektroda batang yang tepat dapat mengurangi besar tahanan pembumian, sehingga menghasilkan besar tahanan sesuai standar  $< 5 \Omega$ .

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hutauruk, T.S. 2017. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- Izza, J. 2015. *Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Berbatu untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik*. Surabaya: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Juwita, Rika. 2014. *Perbaikan Nilai Resistansi Pembumian Pada Transformator 20 kV*. Medan.
- Melendes, Adrianus 2015. *Pengukuran Tahanan Pentanahan Transformator Daya*. Manado.
- PT. PLN. *Pemeliharaan Jaringan Tegangan Menengah Suswanto*, Doman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang.
- SPLN 04-0225. (2000). *Peraturan Umum untuk elektroda bumi dan penghantar bumi*, PT PLN (Persero).
- SPLN 102. (1993). *Elektroda bumi jenis batang bulat berlapis tembaga*, PT PLN (Persero).
- Suyadnya, P. 2018. *Optimalisasi Perencanaan Sistem Pembumian Peralatan pada Rencana Pembangunan GIS Tanah Lot*. Bali: Universitas Udayana.