

## PEMBUMI JENIS PELAT IMPEDANSI PEMBUMIAN DENGAN VARIASI LUAS DAN BAHAN ELEKTRODA

Oleh: Daeng Supriyadi Pasisarha<sup>1</sup>, Bambang Sarjono<sup>2</sup>, Setyoko<sup>3</sup>, Hery Purnomo<sup>4</sup>  
Staf Pengajar Prodi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Semarang.  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

### Abstrak

Listrik sudah menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat secara umum. Sedangkan dewasa ini kehandalan layanan listrik di Indonesia terus diupayakan perbaikan demi kenyamanan pengguna listrik. Masyarakat perlu jaminan kelancaran dan kehandalan dalam penggunaan listrik. Kenyamanan penggunaan listrik dapat dimulai sejak dari perbaikan layanan ranah sistem distribusi kelistrikannya. Karena itu penggunaan pembumian sistem kelistrikan penting diperhatikan. Kinerja pembumian sistem listrik pada bangunan gedung dievaluasi dengan cara variasi elektroda pembumi listrik yang dilakukan dengan mengacu pada ketentuan SNI-0225-2011 (PUIL 2011). Metode eksperimentasi dan pengukuran langsung di lapangan dan metode deskriptif kasuistik digunakan untuk mengevaluasi impedansi pembumian listrik dan kinerja elektroda pembumi listrik pada bangunan gedung di kampus Teknik Listrik. Hasil evaluasi merekomendasikan secara teknis perencanaan pembumian yang optimal bagi layanan distribusi listrik pada smart building systems. Berdasarkan hasil tersebut Polines sebagai lembaga pendidikan tinggi vokasional dapat berperan serta aktif dengan melibatkan para mahasiswa dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan sosialisasi dan promosi tindakan layanan distribusi listrik secara lebih efisien sehingga mendukung upaya kehandalan distribusi listrik serta tindakan layanan distribusi yang nyaman secara umum.

**Kata kunci:** impedansi pembumian, luas elektroda, bahan elektroda, elektroda pembumi, jenis elektroda, elektroda pelat.

### Abstract

Electricity has become an important need for society in general. Meanwhile, electricity services in Indonesia are continuously being improved for the convenience of electricity users. Society needs to explain and reliability in the use of electricity. Convenience in using electricity can start from the improvement of services in the realm of the electricity distribution system. Therefore, it is important to pay attention to the use of an electrical grounding system. performance of the grounding of the electrical system in buildings by means of variations of the electric grounding electrode which is carried out by referring to the provisions of SNI-0225-2011 (PUIL 2011). Experimental methods and direct measurements in the field and descriptive casuistics are used to research the electrical grounding impedance and the performance of the grounding electrode in buildings at the Electrical Engineering campus. The results of the evaluation are technically recommended for optimal grounding planning for electricity distribution services in smart building systems. Based on these results Polines as a vocational higher education institution can participate actively by involving students in planning and implementing socialization activities and promoting electricity distribution service actions more efficiently so as to support efforts to ensure reliability of electricity distribution and convenient distribution service actions in general.

**Keyword:** earthing impedance, electrode area, electrode material, grounding electrode, electrode type, plate electrode.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Listrik sudah menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat secara umum. Sedangkan dewasa ini kehandalan layanan listrik di Indonesia terus diupayakan perbaikan demi kenyamanan pengguna listrik. Masyarakat perlu jaminan kelancaran dan kehandalan dalam penggunaan listrik. Kenyamanan penggunaan listrik dapat dimulai sejak dari perbaikan layanan ranah sistem distribusi

kelistrikannya. Salah satu komponen penting sistem distribusi kelistrikan yaitu pembumian sistem kelistrikannya. Karena itu penggunaan pembumian sistem kelistrikan penting diperhatikan..

Kinerja pembumian sistem listrik pada bangunan gedung dievaluasi dengan cara variasi elektroda pembumi listrik yang dilakukan dengan mengacu pada ketentuan SNI-0225-2011 (PUIL 2011). Kemudian tindakan layanan distribusi listrik dilakukan

dengan cara tertentu. Kenyamanan penggunaan listrik dalam kegiatan keseharian masyarakat dikenali berdasarkan tindakan layanan distribusi listrik. Metode eksperimentasi dan pengukuran langsung di lapangan dan metode deskriptif kasuistik digunakan untuk mengevaluasi impedansi pembumian listrik dan kinerja elektroda pembumi listrik pada bangunan gedung di kampus Teknik Listrik.

Sejauh mana nilai impedansi pembumian sistem distribusi listrik yang dipasang setaut jenis bahan elektroda pembumi dan dimensi ukuran elektroda pembumi. Karena itu penelitian tentang " Impedansi Pembumian Dengan Variasi Luas Dan Bahan Elektroda Pembumi Jenis Pelat" diperlukan sebagai langkah dasar tindakan pembumian sistem distribusi listrik pada bangunan gedung.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Penelitian ini merupakan penelitian mengenai Impedansi Pembumian Dengan Variasi Luas Dan Bahan Elektroda Pembumi Jenis Pelat.

Penelitian ini yaitu tentang kinerja pembumian sistem listrik pada bangunan gedung. Penelitian ini diperlukan sebagai langkah dasar tindakan layanan distribusi listrik di masa datang. Tindakan layanan distribusi listrik dapat ditempuh secara tepat bila dilandasi pemahaman tentang kinerja impedansi pembumian listrik dan penerapan jenis pembumi listrik secara bijaksana. Penelitian ini merupakan sebagian tahapan penelitian untuk mendukung Pengembangan Model Manajemen Energi Listrik untuk Mewujudkan Bangunan Gedung yang Sehat dan Berkelanjutan.

Kinerja pembumian sistem listrik pada bangunan gedung dievaluasi dengan cara variasi elektroda pembumi listrik yang dilakukan dengan mengacu pada ketentuan SNI-0225-2011 (PUIL 2011). Kemudian tindakan layanan distribusi listrik dilakukan dengan cara tertentu. Kenyamanan penggunaan listrik dalam kegiatan

keseharian masyarakat dikenali berdasarkan tindakan layanan distribusi listrik. Metode eksperimentasi dan pengukuran langsung di lapangan dan metode deskriptif kasuistik digunakan untuk mengevaluasi impedansi pembumian listrik dan kinerja elektroda pembumi listrik pada bangunan gedung di kampus Teknik Listrik.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui impedansi pembumian listrik dengan penggunaan variasi ukuran luas elektroda pelat pada bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik.
- 2) Mengetahui impedansi pembumian listrik dengan penggunaan variasi jenis bahan elektroda pelat pada bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun pembangunan masyarakat, yaitu :

- 1) Membantu mengenali pembumian listrik dengan variasi ukuran luas elektroda pelat pada bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik Polines.
- 2) Membantu mengenali pembumian listrik dengan variasi jenis bahan elektroda pelat pada bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik Polines.
- 3) Menyediakan bahan masukan kepada Politeknik Negeri Semarang khususnya Jurusan Teknik elektro dalam wujud informasi penggunaan elektroda pembumi listrik khususnya untuk bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik sehingga berguna untuk proses pembelajaran yang dilaksanakan dan sekaligus untuk menyiapkan dan melakukan langkah kegiatan dharma pengabdian melalui program pencerdasan dan penyuluhan masyarakat dalam layanan distribusi listrik secara baik.

### **1.5. Luaran Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan luaran berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kelistrikan serta pembangunan masyarakat perkotaan maupun pengembangan institusi pendidikan tinggi, yaitu :

- 1) Informasi penggunaan elektroda pbumi listrik pada bangunan gedung khususnya di Kampus Teknik Listrik Polines.
- 2) Artikel ilmiah perihal Impedansi Pbumian Dengan Variasi Luas Dan Bahan Elektroda Pbumi Jenis Pelat.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Studi Pustaka

Layanan distribusi listrik digunakan pada bangunan fasilitas umum/ publik, pada fasilitas bisnis dan komersial, pada industri, serta pada rumah tinggal. Layanan sistem listrik dapat dipilah menurut voltase layanan dari PT PLN. Golongan layanan voltase rendah (TR), golongan layanan voltase menengah (TM), dan golongan layanan voltase tinggi (TT). Layanan distribusi listrik umumnya menyediakan sambungan layanan voltase rendah (TR) dan layanan voltase menengah (TM). Sistem kelistrikan tersebut senantiasa melibatkan sistem pbumian kelistrikan.

Tembaga cenderung naik harga dan rentan terhadap pencurian. Bahan alternatif untuk tembaga juga tidak mudah bagi perusahaan utilitas dan kontraktor bangunan. Bahan alternatif yang dapat menyulih antara lain aluminium. Bahan ini cukup ringan dan lebih murah. Bahan lain yaitu besi khususnya yang digalvanis telah digunakan secara luas sebagai penguat dalam konstruksi tiang. Karakteristik listriknya dan harga yang cukup rendah, besi galvanis dapat dianggap sebagai alternatif untuk tembaga sebagai bahan pbumian. Kinerja besi galvanis sebagai jaringan pentanahan dievaluasi untuk verifikasi. Kinerja pita tembaga dan kawat besi galvanis telah dipantau dan diukur. Ada pengaruh signifikan penggunaan tembaga lebih baik sebagai elektroda

pbumian dibandingkan dengan besi galvanis, dalam hal impedansi pentanahan keseluruhan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja besi galvanis terhadap pita tembaga di tanah berlapis-lapis yang sama tampaknya memiliki perbedaan signifikan. Jari-jari besi galvanis memainkan peran penting karena perbedaan antara bidang konduktor ini hampir setengah. Penggunaan konduktor besi galvanis lebih besar akan menurunkan nilai impedansi sistem, karena lebih banyak arus listrik dapat melewati konduktor. Konduktivitas tembaga lebih baik daripada besi galvanis. [Mahtar, dkk; 2014].

Pentanahan elektroda batang dan elektroda pelat diteliti sebagai bagian dari sistem pengangkal petir untuk mengamankan sistem jaringan tegangan listrik pada bangunan Laboratorium Konversi Energi bila ada bahaya sambaran petir tidak langsung. Elektroda batang ditanamkan sedalam lima variasi kedalaman ke dalam tanah kering, tanah lembab, serta tanah basah. Sedangkan elektroda pelat ukuran seluas lima variasi luasan dan dibenamkan ke dalam tanah kering, tanah lembab, serta tanah basah. Nilai resistans pbumian elektroda batang rerata 1,55 Ohm hingga 2,62 Ohm. Sedangkan nilai resistans pbumian elektroda pelat rerata 1,55 Ohm hingga 2,45 Ohm. [Saini, dkk: 2016].

Peningkatan pengetahuan dan ilmu material telah memainkan peran penting dan relevan dalam meningkatkan sistem pbumian. Peningkatan berasal dari pengenalan bahan tambahan ke sistem pbumian sehingga menghasilkan pengurangan impedansi pbumian. Performa batang pbumian dengan bahan tambahan memiliki perbedaan signifikan terhadap batang pbumian tanpa bahan tambahan. Impedansi pbumian sistem pbumian menggunakan bahan tambahan lebih stabil, sedangkan sistem pbumian tanpa bahan tambahan tampaknya berfluktuasi. Berbagai parameter mempengaruhi nilai impedansi pbumian yaitu resistivitas tanah, kadar air, dan

lingkungan sekitarnya. Bahan tambahan ini yaitu organik dan anorganik. Bahan tambahan organik terbuat dari bahan alami sedangkan bahan anorganik terdiri dari produk kimia. Kekurangan material tembaga konvensional seperti korosi telah disorot. [Azmi, dkk: 2019].

## **2.2. Penumbumian Listrik**

Penumbumian listrik didefinisikan sebagai proses mentransfer segera muatan energi listrik langsung ke bumi dengan bantuan kawat resistansi rendah. Penumbumian listrik dilakukan dengan menghubungkan bagian yang tidak beraliran arus listrik dari peralatan atau netral dari sistem pasokan ke tanah.

Besi galvanis telah umum digunakan untuk penumbumian. Penumbumian menyediakan jalur sederhana ke arus listrik bocor. Arus hubung singkat peralatan menuju ke bumi yang memiliki potensial nol. Dengan demikian, sistem dan peralatan terlindungi dari kerusakan.

### **2.2.1 Jenis Penumbumian Listrik**

Peralatan listrik terutama terdiri dari dua bagian tak beraliran arus listrik. Bagian-bagian ini netral dari sistem atau bingkai (rangka) peralatan listrik. Ada dua tipe klasifikasi untuk dua penumbumian dari dua bagian tak beraliran arus listrik dari sistem yaitu: (1) Penumbumian Netral dan (2) Peralatan Penumbumian.

#### **1) Penumbumian Netral**

Bagian netral sistem listrik terhubung langsung ke bumi dengan bantuan kabel penumbumian. Penumbumian netral juga disebut penumbumian sistem. Jenis penumbumian seperti ini sebagian besar disediakan untuk sistem tenaga listrik yang memiliki belitan (kumparan) bintang. Misal penumbumian netral disediakan di generator, transformator, motor.

#### **2) Penumbumian Peralatan**

Jenis penumbumian semacam ini disediakan untuk peralatan listrik. Bagian

tidak beraliran arus listrik dari peralatan seperti bingkai (rangka) logam itu terhubung ke bumi dengan bantuan kabel penghantar. Jika terjadi gangguan (kesalahan) pada peralatan, arus hubung singkat menuju bumi dengan bantuan kawat. Cara itu melindungi sistem listrik dari kerusakan.

### **2.2.2 Pentingnya Penumbumian**

Arti dari penumbumian atau pentanahan adalah untuk menghubungkan titik penumbumian peralatan ke massa umum dari kabel penumbumian dengan nilai resistansi dapat diabaikan. Ini membawa rangka peralatan listrik ke potensial nol dan dengan demikian menghindari kejutan listrik pada manusia.

Penumbumian sangat penting karena alasan berikut

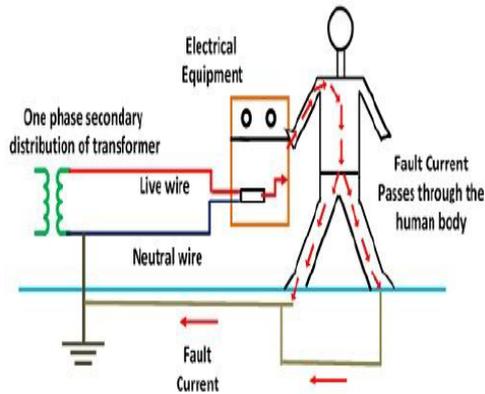
- 1) Penumbumian melindungi personel dari arus hubung singkat.
- 2) Penumbumian menyediakan jalur termudah bagi aliran arus hubung singkat bahkan setelah kegagalan isolasi.
- 3) Penumbumian melindungi peralatan dan personel dari lonjakan (surja) tegangan tinggi dan pelepasan petir.

Penumbumian dapat dilakukan dengan menghubungkan secara elektrik bagian-bagian yang terkait dalam instalasi ke beberapa sistem konduktor listrik atau elektroda yang ditempatkan di dekat tanah atau di bawah permukaan tanah. Matras penumbumian atau elektroda di bawah permukaan tanah memiliki saluran logam datar sebagai media bagi semua bagian logam yang tidak membawa arus dari peralatan yang dihubungkan.

### **2.2.3 Sistem kelistrikan tanpa penumbumian**

Ketika kesalahan (gangguan) terjadi, arus listrik gangguan dari peralatan mengalir melalui sistem penumbumian ke bumi dan dengan demikian melindungi peralatan dari arus listrik gangguan. Pada saat kesalahan (gangguan), konduktor matras bumi bertegangan lebih besar (naik)

ke tegangan yang sama dengan resistansi matras bumi dikalikan dengan arus listrik gangguan (kesalahan) tanah.

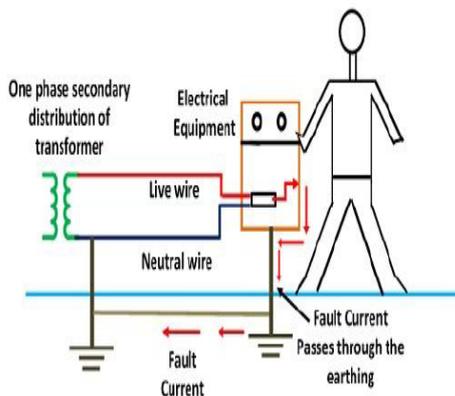


Gambar-2.1 Sistem kelistrikan tanpa pbumian

(sumber <https://circuitglobe.com/electrical-earthing.html> )

### 2.2.4 Sistem kelistrikan dengan pbumian

Rakitan persambungan disebut pbumian. Konduktor logam yang menghubungkan bagian-bagian instalasi dengan pbumian disebut sambungan listrik. Koneksi pentanahan dan pentanahan secara bersamaan disebut sistem pentanahan.



Gambar-2.2 Sistem kelistrikan dengan pbumian

(sumber <https://circuitglobe.com/electrical-earthing.html> )

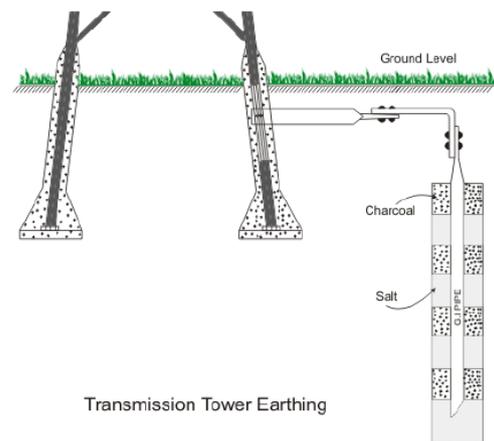
### 2.3 Resistans Pbumian Listrik

Contoh pbumian diperlihatkan pada Gambar-2.3 dan Gambar-2.4.



Gambar-2.3 Contoh Pbumi suatu kaki tiang logam

(sumber: <https://www.quora.com/Where-can-we-use-plate-earthing-and-where-to-use-pipe-earthing> )



Gambar-2.4 Contoh Pbumi suatu menara transmisi listrik

(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/> )

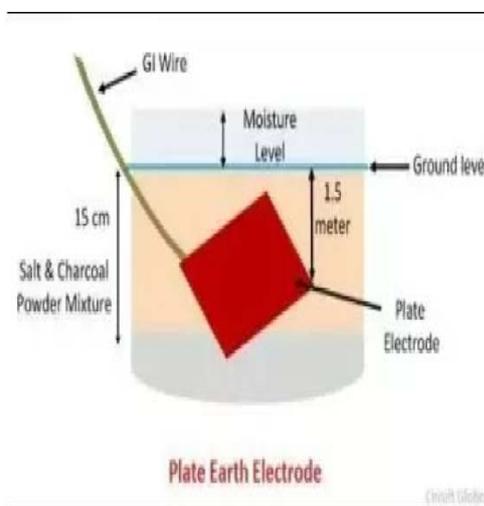
#### 2.3.1 Resistans Pbumi Jenis Batang Logam

Pipa Pbumian adalah bentuk pbumian terbaik dan sangat murah biayanya. Pipa galvanis dan berlubang dengan panjang dan diameter yang disetujui ditempatkan tepat di tanah yang basah secara permanen.

Ukuran pipa bergantung pada arus listrik yang akan dialirkan dan jenis tanah. Wilayah dengan kelembaban tanah sangat rendah (atau berkurang di musim panas), maka resistensi bumi meningkat. Pekerjaan beton semen dilakukan untuk menjaga agar pengaturan air dapat diakses. Musim panas memiliki tanah yang efektif dengan 4 ember atau 5 ember air dimasukkan melalui corong yang terhubung ke pipa berdiameter 19 mm, dan selanjutnya dihubungkan ke pipa galvanis (G.I.).

### 2.3.2 Resistans Pembumi Jenis Pelat Logam

Pelat pembumian tembaga berdimensi 60cm × 60cm × 3mm atau besi galvanis berdimensi 60cm × 60cm × 6mm terkubur ke dalam tanah dengan muka vertikal hingga kedalaman tidak kurang dari 3 meter dari permukaan tanah. Area permukaan yang tinggi memungkinkan sistem untuk menyalurkan jumlah tinggi arus listrik yang mengalir melalui bumi tanpa kesulitan.



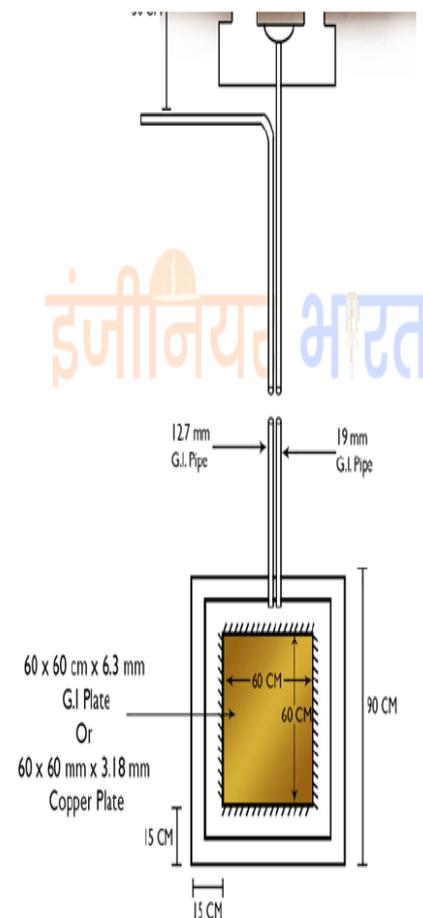
Gambar-2.5 Pembumi jenis pelat logam

(Sumber : <https://www.quora.com/Where-can-we-use-plate-earthing-and-where-to-use-pipe-earthing>)

Selungkup dinding batu bata kecil dengan penutup dari besi tuang di atas atau

pipa RCC di sekeliling pelat pembumi disediakan untuk memudahkannya.

Pembumian jenis pipa digunakan untuk instalasi yang lebih kecil. Pembumian pelat digunakan untuk gardu induk yang lebih besar dan saluran transmisi bahwa arus listrik gangguan mungkin besar,



Gambar-2.6 Pembumi jenis pelat logam

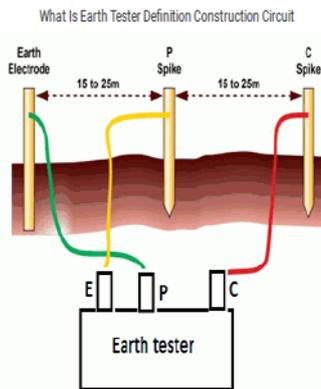
(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/>)

### 2.4 Pengukuran Resistans Pembumian Listrik

Alat yang digunakan untuk mengukur resistansi bumi dikenal sebagai penguji (alat ukur) pembumian. Semua peralatan sistem tenaga terhubung ke bumi melalui elektroda bumi. Bumi melindungi peralatan

dan personel dari arus listrik gangguan. Resistansi bumi sangat rendah. Arus gangguan melalui elektroda bumi menuju ke bumi. Dengan demikian, sistem listrik terlindungi dari kerusakan.

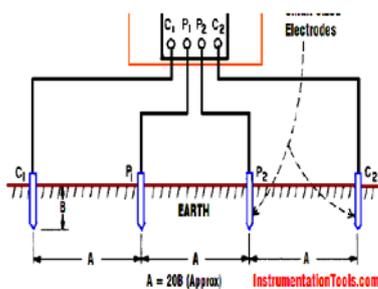
Elektroda pembumian mengontrol potensial tinggi peralatan yang disebabkan oleh lonjakan (surja) petir yang tinggi dan lonjakan tegangan. Netral dari sirkuit tiga fase juga terhubung ke elektroda pembumian untuk perlindungannya. Sebelum menyediakan pembumian ke peralatan, penting untuk menentukan resistansi area tertentu dari tempat lubang tanah bisa digali. Tanah harus memiliki resistansi yang rendah sehingga arus gangguan dengan mudah berpindah ke bumi. Resistansi bumi ditentukan oleh bantuan alat pengujian tanah.



Gambar-2.7 Prinsip pengukuran resistans elektroda bumi

(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/>)

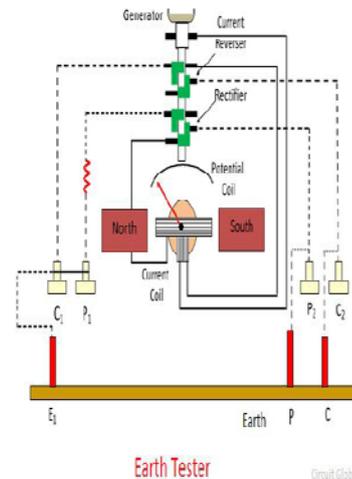
Metoda pengukuran pembumi menggunakan konfigurasi sirkuit berikut.



Gambar-2.8 Metoda pengukuran empat titik untuk resistans pembumi elektroda

(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/>)

Penguji (alat ukur) pembumian menggunakan generator yang digerakkan dengan tangan. Pembalik arus listrik rotasi dan penyearah adalah dua bagian utama dari penguji bumi. Pembalik arus listrik dan penyearah dipasang pada poros generator arus searah (DC). Penguji bumi hanya berfungsi pada arus searah (DC) karena penyearah.



Gambar-2.9 Bagian-bagian Alat Ukur Pembumi

(Sumber: <https://circuitglobe.com/earth-tester.html>)

Penguji memiliki dua komutator yang menjadi tempat bersama dengan pembalik dan penyearah arus listrik. Setiap komutator terdiri dari empat sikat tetap. Komutator adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arah aliran arus listrik. Elemen tersebut terhubung secara seri dengan angker generator. Elemen sikat digunakan untuk mentransfer daya dari bagian diam ke bagian bergerak dari perangkat.

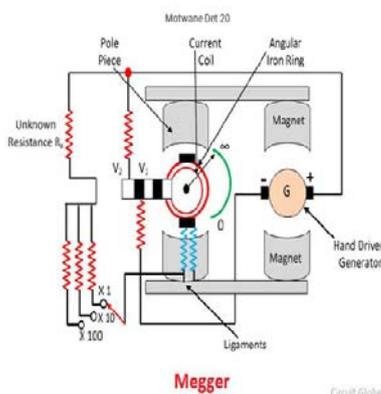
Pengaturan sikat dapat dilakukan sedemikian rupa sehingga sikat-sikat terhubung secara bergantian dengan salah satu segmen bahkan setelah rotasi komutator. Elemen sikat dan komutator selalu terhubung satu sama lain.

Penguji bumi terdiri dari dua kumparan tegangan dan kumparan arus. Setiap kumparan memiliki dua terminal. Sepasang kumparan tegangan dan kumparan arus ditempatkan di area magnet permanen. Sepasang kumparan arus dan tegangan dihubungkan singkat, dan terhubung ke elektroda bantu (tambahan).

Terminal satu ujung kumparan tegangan terhubung ke penyearah, dan ujung lainnya terhubung ke elektroda pembumian. Demikian pula, kumparan arus terhubung ke penyearah dan elektroda pembumian.

Penguji pembumian terdiri dari kumparan tegangan yang terhubung langsung ke generator DC. Kumparan tegangan ditempatkan di antara magnet permanen. Kumparan terhubung ke penunjuk, dan penunjuk ditetapkan pada skala yang dikalibrasi. Penunjuk mengindikasikan besarnya resistansi bumi. Simpangan penunjuk bergantung pada rasio tegangan dari kumparan tegangan terhadap arus listrik dari kumparan arus.

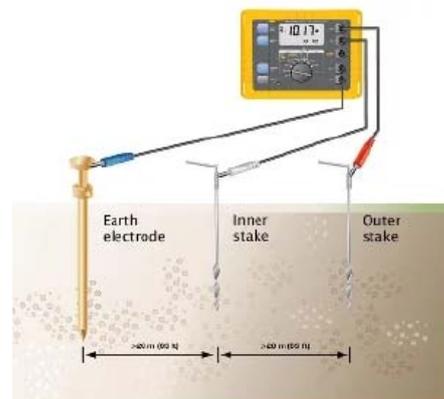
Arus hubung singkat melewati peralatan ke bumi secara bergantian. Dengan demikian, kita dapat mengatakan bahwa arus bolak-balik mengalir di dalam tanah. Arus alternatif ini mengurangi efek yang tidak diinginkan dari tanah, yang terjadi karena aksi kimiawi atau karena produksi gaya gerak listrik lawan.



Gambar-2.10 Bagian-bagian Alat Ukur Pembumi (Megger)

(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/> )

Teknik pengukuran resistans pembumi dilakukan dengan cara diperlihatkan Gambar-2.11.



Gambar-2.11 Teknik Pengukuran Elektroda Pembumi

(Sumber : <http://www.revimage.org/what-is-earth-resistance-in-hindi/> )

## 2.5 Pemeliharaan Kondisi Pembumian Listrik

Bahan tambahan tanah (GEM; *Ground Enhancement Materials*) ada untuk memecahkan masalah pentanahan yang paling sulit. Untuk menyelesaikan disipasi arus petir dengan aman ke bumi, tanah konduktivitas tinggi harus ada. Tanpa bahan seperti itu, jenis bumi tertentu atau musim tertentu dapat membuat personel dan barang produk dalam bahaya.

Tujuan dari GEM adalah untuk mengurangi resistansi sistem elektroda pembumian. Daerah dengan resistivitas tanah yang tinggi, seperti tanah berbatu atau berpasir, atau di lokasi bila elektroda batang tanah tidak dapat didorong ke kedalaman yang diinginkan, GEM sangat penting untuk efektivitas pembumian.

Tahanan bumi bervariasi dengan jenis tanah, kandungan mineral dan kepadatannya, dan juga dengan kadar air dan suhu. Dengan demikian, perubahan musiman dapat mengubah sehingga GEM dibutuhkan.

Bahan "pembumian" GEM adalah bahan konduktivitas tinggi yang dapat dibuat dari berbagai senyawa. Tanah liat

bentonit adalah senyawa alami yang kadang-kadang digunakan. Bentuk yang tersedia secara komersial termasuk bubuk, pelet dan gel.

Campuran beton adalah pilihan lain, dan berharga karena mencegah pencucian, yang merupakan salah satu karakteristik penting dari GEM.

GEM telah digunakan selama beberapa dekade. Komisi Elektrikal Internasional (IEC) menerbitkan standar pertama untuk bahan tambahan tanah pada tahun 2011. Seri standar IEC 62561 mencakup komponen di seluruh sistem proteksi petir, dan merupakan satu-satunya badan standar yang memiliki informasi terperinci tentang kualifikasi GEM. [Erico;2018] <https://blog.nvent.com/erico/erico-the-4-critical-qualities-of-effective-ground-enhancement-materials-gem/> ]

Pengujian yang diperlukan dalam standar mencakup empat kualitas paling penting yaitu kelarutan, kadar belerang (sulfur), resistivitas dan korosi.

#### 1) Daya tahan larut

Salah satu persyaratan untuk bahan pembedaan adalah bahan tersebut harus stabil secara kimia dan fisik. Secara khusus, mereka harus secara kimia lambat ke tanah di sekitarnya dan tidak boleh larut dari waktu ke waktu.

Daya tahan kelarutan adalah kualitas GEM yang tepat karena kelarutan membahayakan nilai keawetan material. Terlepas dari bahan yang digunakan, GEM yang larut tidak dapat mempertahankan konduktivitas superior yang seharusnya disediakan.

#### 2) Kadar Belerang Minimum

Sejumlah besar belerang (sulfur) tidak bisa ada dalam GEM agar sistem menjadi efektif. Jika bahan pembedaan mengandung belerang dalam jumlah signifikan, maka dapat menimbulkan korosi pada batang elektroda.

Elektroda batang memungkinkan arus petir yang semula ditangkap oleh sistem terminasi udara pada akhirnya ditransfer

dan dibuang ke pembedaan berimpedansi rendah. Belerang menimbulkan korosi pada seng, tembaga, timah dan besi. Bahan tersebut merupakan logam yang biasa digunakan dalam batang pembedaan. Bahkan baja tahan karat tidak sepenuhnya kebal terhadap korosi ketika ditempatkan di tanah basah di bawah tanah untuk waktu lama.

Setiap bahan tambahan pembedaan disyaratkan mengandung sulfur kurang dari 2% (IEC 62561-7).

#### 3) Tahanan rendah

Pemasangan GEM melibatkan penggantian tanah beresistivitas tinggi yang dekat dengan elektroda dengan material urugan beresistivitas rendah. Tanah yang paling dekat dengan elektroda memiliki dampak terbesar. Radius satu meter (tiga kaki) dari batang atau elektroda terdiri dari 70% dari keseluruhan resistansi sistem, jadi menggantinya dengan bahan lebih besar dari 20 ohm-cm akan berdampak besar pada keseluruhan impedansi sistem pentanahan. Tahanan harus rendah, dan kualitas itu harus terus berlanjut sepanjang umur zat.

Meskipun IEC tidak mensyaratkan nilai resistivitas minimum untuk bahan pembedaan, IEC menetapkan bahwa semua produsen GEM menguji resistivitas sesuai dengan standarnya (ASTM G57). Kotak sampel uji yang digunakan untuk pengujian dapat berupa kotak tanah empat-elektroda yang tersedia secara komersial. Kotak sampel uji dapat dibuat dari bahan non-konduktif lambat dengan empat elektroda baja ringan atau baja tahan karat. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur (meter) resistansi tanah yang tersedia secara komersial. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan sumber AC frekuensi rendah dengan voltmeter dan ammeter impedansi tinggi. Nilai uji resistivitas dari senyawa tambahan

pembumian harus dituliskan jelas pada kemasan, lembar data produk, atau instruksi pemasangan.

- 4) Tidak Korosif dengan Elektroda Pembumian (Batang pembumian)  
 Persyaratan bahan yang digunakan untuk mengurangi resistivitas harus tidak korosif terhadap elektroda pembumian. Nilai pH material dapat digunakan sebagai indikator sifat korosif suatu senyawa, tetapi laju korosi tidak dapat diukur dengan nilai pH saja. Standar korosi tergantung pada batang pentanahan yang digunakan dalam aplikasi. Metode Polarisasi Linier dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu senyawa tambahan pembumian korosif terhadap elektroda pembumian. Berdasarkan penelitian, ada berbagai persamaan untuk membantu menentukan resistensi polarisasi yang diijinkan untuk digunakan dengan tembaga, baja dan seng.

Pemeliharaan kondisi pembumian dapat dilakukan untuk dua perlakuan.

- a. Pemeliharaan Secara Kimiawi  
 Pemeliharaan ini meliputi perlakuan khusus dengan bahan kimiawi yang berpengaruh terhadap sifat lingkungan tanah.
- b. Pemeliharaan Secara Fisik  
 Pemeliharaan dilakukan dengan mengupayakan kesempurnaan kontak terhadap fisik tanah yang ditempati

### 2.6 Pertanyaan penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori dapat dikemukakan pernyataan awal bahwa

- 1) Seberapa besar nilai resistans pembumi dengan perubahan dimensi ukuran pelat logam pembumi
- 2) Seberapa besar nilai resistans pembumi dengan perubahan jenis bahan pelat logam pembumi.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian Penelitian

#### a. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 5 (lima) bulan yaitu Juli s.d. November 2019.

#### b. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Kampus Teknik Listrik Polines di Semarang.

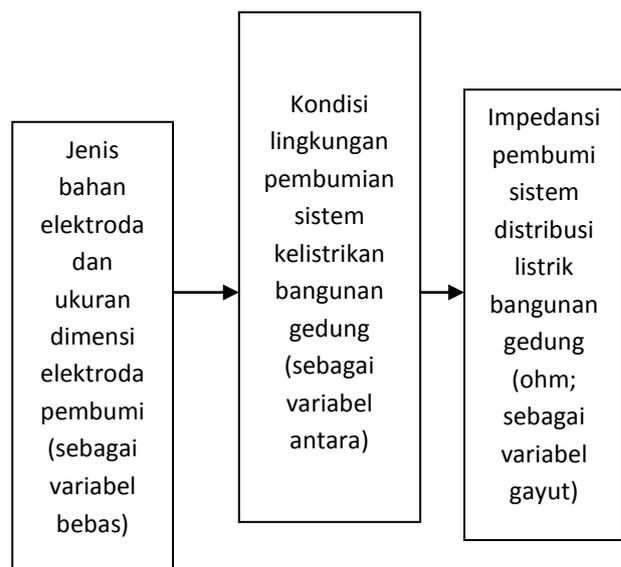
#### c. Jenis dan Model serta Prosedur Penelitian

##### 1) Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh variabel yang lain. Metode ini dilaksanakan dengan memberikan variabel bebas secara sengaja (bersifat induce) kepada objek penelitian untuk diketahui akibatnya di dalam variabel terikat. (Nazir: 1988). Desain penelitian dipilih pola yang sesuai dan lazim untuk keperluan tersebut. (Ndraha: 1987).

##### 2) Desain Penelitian

Model penelitian didasarkan kenyataan impedansi pembumi listrik bergantung jenis bahan elektroda yang digunakan dan ukuran dimensi elektroda pembumi sistem distribusi listrik di bangunan gedung.



Gambar-3.1 Model Penelitian Impedansi Pembumian Elektroda Jenis Pelat

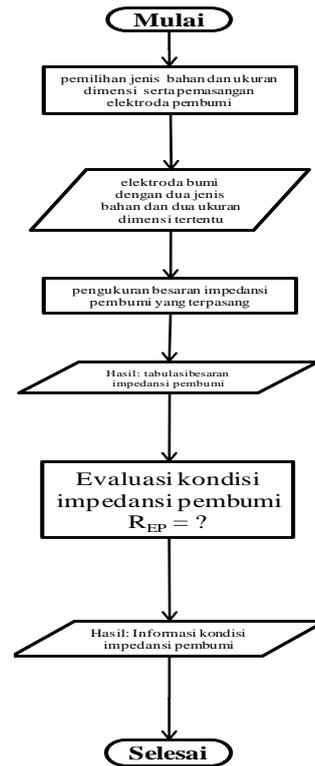
Gambar-3.1 menyajikan hubungan nilai impedansi pembumian sistem distribusi listrik bangunan gedung sebagai variabel gayut dengan variabel bebas jenis bahan elektroda pembumi dan ukuran dimensi elektroda pembumi serta dengan variabel antara kondisi lingkungan pembumian sistem kelistrikan bangunan gedung.

#### 4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini mengikuti alur pengujian sesuai dengan tahapan ditunjukkan Gambar-3.2.

Adapun tahapan yang dilakukan meliputi berikut.

- 1) Persiapan tempat lokasi penelitian yang meliputi sistem kelistrikan di Kampus Teknik Listrik Polines di Semarang yang dipilih menjadi sampel penelitian.
- 2) Persiapan formulir data penelitian dan peralatan ukur listrik beserta perlengkapan bantunya yang digunakan untuk melakukan pengukuran data besaran listrik pada sistem kelistrikan di Kampus Teknik Listrik Polines yang menjadi sampel penelitian.
- 3) Pemasangan fisik elektroda pembumi kelistrikan untuk bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik Polines di Semarang yang menjadi sampel penelitian.
- 4) Pengukuran besaran impedansi listrik (ohm) setaut variasi elektroda pembumi sistem listrik di Kampus Teknik Listrik Polines yang menjadi sampel penelitian.
- 5) Penyusunan dan pengolahan data yang dihimpun dan hasil ukur untuk membuat profil impedansi pembumian listrik dan analisisnya untuk variasi elektroda pembumi listrik pada bangunan gedung di Kampus Teknik Listrik Polines yang menjadi sampel penelitian.
- 6) Penyusunan laporan hasil penelitian tentang Impedansi Pembumian Dengan Variasi Luas Dan Bahan Elektroda Pembumi Jenis Pelat.



**Gambar-3.2** Tahapan Prosedur Penelitian Impedansi Pembumian Dengan Variasi Luas Dan Bahan Elektroda Pembumi Jenis Pelat

### 3.2 Pengumpulan dan Analisis Data

#### a. Variabel dan Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel purposif (Tika: 1997) yaitu kelompok elektroda pembumi dengan ciri-ciri spesifik berupa elektroda berjenis bahan tertentu dan elektroda berdimensi ukuran tertentu untuk pembumian sistem distribusi listrik pada bangunan gedung. Sampel elektroda pembumi listrik bangunan gedung dipilih bahan aluminium pelat persegi dan bahan besi baja pelat persegi untuk bangunan gedung rumah tinggal tersebut. Sampel ini cukup representatif-selektif oleh karena setiap bangunan gedung dilengkapi oleh elektroda pembumi untuk sistem kelistrikan gedung yang bersangkutan. Sampel jenis pelat tembaga dan jenis pelat besi baja merepresentasikan bahan logam dan bentuk pelat sebagai elektroda pembumi. Sampel ukuran pelat merepresentasikan dimensi elektroda pembumi jenis pelat.

Populasi penelitian meliputi elektroda pembumi jenis pelat untuk bangunan gedung yang difasilitasi layanan distribusi listrik.

**b. Analisis Data**

Pemeriksaan tentang impedansi pembumi listrik dilakukan dengan membandingkan nilai impedansi pembumi listrik setaut jenis bahan dan dimensi ukuran elektroda pelat pembumi yang dipasang. Profil impedansi pembumi sistem distribusi listrik dalam wujud nilai-nilai variatif impedansi pembumi yang diteliti.

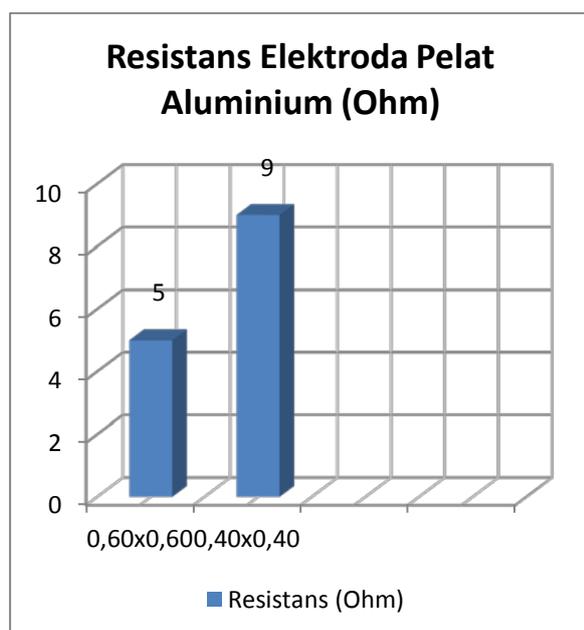
**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1. Hasil dan Pembahasan Elektroda Pembumi Berbahan Pelat Aluminium**

**Permasalahan Pertama yaitu:** Bagaimana sebenarnya besar nilai resistansi pembumi berbahan pelat aluminium berdimensi persegi ukuran tertentu?

Tabel-4.1 Hasil Pengukuran Resistans Elektroda Pelat Aluminium

Nomor	Ukuran pelat (m <sup>2</sup> )	Resistans (Ohm)	Keterangan
1	0,60x0,60	5	
2	0,40x0,40	9	
3			
4			



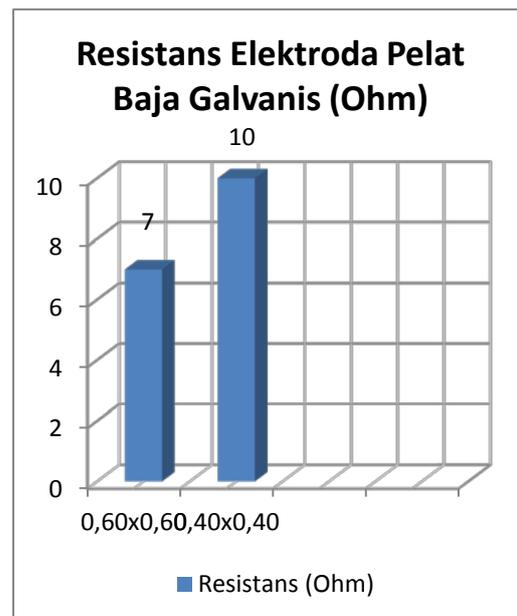
Gambar-4.1 Resistans Elektroda Pelat Aluminium

**4.2. Hasil dan Pembahasan Elektroda Pembumi Berbahan Pelat Besi Baja**

**Permasalahan kedua yaitu:** Bagaimana sebenarnya besar nilai resistansi pembumi berbahan pelat besi baja berdimensi persegi ukuran tertentu ?

Tabel-4.2 Hasil Pengukuran Resistans Elektroda Pelat Baja galvanis

Nomor	Ukuran pelat (m <sup>2</sup> )	Resistans (Ohm)	Keterangan
1	0,60x0,60	7	
2	0,40x0,40	10	
3			
4			



Gambar-4.2 Resistans Elektroda Pelat Baja Galvanis

**4.3. Hasil dan Pembahasan Keseluruhan**

Parameter pertama elektroda berujud jenis bahan yang digunakan yaitu aluminium dan baja galvanis. Parameter kedua elektroda berujud dimensi ukuran yaitu tebal, lebar dan panjang plat. Hasil pengukuran variasi elektroda pembumi menunjukkan perbedaan nilai impedansi

pembumian listrik untuk dua jenis bahan berbeda secara signifikan. Perlakuan dilakukan terhadap variasi dalam ukuran elektroda plat dan dalam jenis bahan elektroda mengungkapkan nilai perbedaan secara signifikan.

Nilai lebih rendah secara cukup signifikan pada elektroda pembumi berukuran lebih besar dijumpai pada elektroda plat jenis aluminium dan juga pada elektroda plat baja galvanis.

Nilai lebih rendah secara cukup signifikan pada elektroda pembumi jenis aluminium dibandingkan pada elektroda jenis baja galvanis dijumpai pada elektroda plat berukuran kecil dan pada elektroda plat berukuran besar.

Hasil evaluasi tersebut menjadikan perhatian untuk melakukan secara teknis perencanaan pembumian yang optimal bagi layanan distribusi listrik termasuk pada *smart building systems*.

## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengukuran variasi elektroda pembumi menunjukkan perbedaan nilai impedans pembumian listrik untuk dua jenis bahan dan dua dimensi ukuran ternyata berbeda secara signifikan.
- 2) Nilai lebih rendah secara cukup signifikan pada elektroda pembumi berukuran lebih besar dijumpai pada elektroda plat jenis aluminium dan juga pada elektroda plat baja galvanis.
- 3) Nilai lebih rendah secara cukup signifikan pada elektroda pembumi jenis aluminium dibandingkan pada elektroda jenis baja galvanis dijumpai pada elektroda plat berukuran kecil dan pada elektroda plat berukuran besar.

### 5.2. Rekomendasi

Hasil evaluasi tersebut menjadikan perhatian dan direkomendasikan untuk melakukan secara teknis perencanaan pembumian yang optimal bagi layanan

distribusi listrik termasuk pada *smart building systems*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aizat Azmi, Noor Azlinda Ahmad, Lau Kwan Yiew, Z. Abdul-Malek. "The use of enhancement material in grounding system: a review." Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Vol. 13, No. 2, February 2019, ISSN: 2502-4752, DOI: 10.11591/ijeecs.v13.i2. pp453-460. Tersedia pada situs: <https://www.researchgate.net/publication/330997823>
- Erico. 2018. "The 4 Critical Qualities of Effective Ground Enhancement Materials (GEM)". tersedia pada situs: <https://www.nvent.com/us/en/product/cadweld.html> atau situs <https://blog.nvent.com/erico/erico-the-4-critical-qualities-of-effective-ground-enhancement-materials-gem/>
- Mahtar, F. , and Ramli, A., and Wan Abdullah, W.R., and Isa, M.N. January 2008. "Comparison Study of Usage as Grounding Electrode between Galvanized". Tersedia pada situs: <https://www.researchgate.net/publication/4364428>
- Makmur Saini, A.M. Siddhiq Yunus, Andareas Pangkung. "Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat". Jurnal INTEK. Volume 3 (2) :66-67.
- Nazir, Moh. 1988. "Metode Penelitian". Jakarta: Ghalia Indonesia. Hlm105, 470-475.
- Ndraha, Taliziduhu. Februari 1987. "Disain Riset dan Teknik Penyusunan Karya Ilmiah". Jakarta: Penerbit Bina Aksara. Hlm22-28.
- Sugiyono. 2011. "Statistika untuk Penelitian". Bandung: Penerbit Alfabeta. Hlm4-7.
- Tika, Moh. Pabundu. 1997. "Metode Penelitian Geografi". Jakarta:

Penerbit PT Gramedia Pustaka  
Utama. Hlm53-55.