

**INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG
PENTANAHAN**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Palembang

Oleh:

RAHMAWAN SINAGA

NIM: 18420082

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALEMBANG

2022

**INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG
PENTANAHAN**



Oleh :

RAHMAWAN SINAGA

NIM : 18420082

Palembang, Juni 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dian Ekan Putra, S.T., M.T
NIDN: 0226077901**

**Ir. Subianto, M.T
NIDN: 0203067601**

**INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG
PENTANAHAN**



Oleh :

RAHMAWAN SINAGA
NIM : 18420082

Disahkan,

**Dekan Fakultas Teknik Universitas
Palembang**

**Ketua Program Studi Teknik
Elektro**

Marliyus Sunarhati, S.T., M.T
NIDN: 0224076201

Dian Ekan Putra, S.T., M.T
NIDN: 0226077901

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Ilmu Yang Akan Selalu Berkesan Dihati Didapatkan Dengan Kerja Keras Dan Keikhlasan (*Tim Riset 2022I*)”

PERSEMBAHAN:

Penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala atas karunia dan nikmat yang telah diberikan untuk saya beserta keluarga.
2. Nabi besar Muhammad Shallahu'alaihi Wassalam beserta penerus yang telah membimbing umatnya sampai akhir zaman akan nikmat islam.
3. Kedua Orang tua yang telah membesarkan dan mendoakan sehingga saya bisa menyelesaikan pendidikan saya ini.
4. Ibu mertua yang telah membantu dan mendoakan saya selama menempuh pendidikan S1 ini.
5. Istri tercinta Ira Maya Sari, S.E yang selalu mendoakan dan mensupport saya untuk selalu belajar dan mengenyam pendidikan yang lebih tinggi.
6. Bapak Dian Eka Putra, S.T., M.T yang telah membimbing dan memotivasi dalam penyelesaian tugas akhir pada tim riset 2022.
7. Bapak Ir. Subuanto, M.T yang telah membantu dan memotivasi dalam penyelesaian tugas akhir saya ini.
8. Ibu Daeny Septi Yansuri, S.T., M.T Selaku Dosen PA yang banyak sekali

membantu saya dalam penyelesaian pendidikan saya ini dari awal.

9. Terima kasih banyak untuk Tim Riset 2022 yang telah banyak membantu Pemikiran, materi dan tenaga dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tim kita ini akan selalu solid walaupun sudah tidak berada pada pada kampus tercinta kita ini.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Rahmawan Sinaga

NIM : 18 420 082

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Skripsi : INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG
PENTANAHAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Palembang.

Dengan pernyataan ini, saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Palembang, Juni 2022

Rahmawan Sinaga

ABSTRAK

Dalam suatu kehandalan tenaga listrik banyak sekali aspek yang harus diperhatikan termasuk aspek sistem proteksi Pentanahan / *Grounding*. Dimana sistem pentanahan sangat berguna untuk keamanan pengguna dan peralatan listrik. Pada sistem Instalasi rumah tinggal sistem pentanahan sangatlah penting untuk mengamankan peralatan dan pengguna listrik. Tujuan Sistem pentanahan pada lahan rawa sangatlah penting untuk menentukan resistansi dan kekuatan material pada kondisi yang berbeda di perkotaan. Ideal nilai resistansi pentanahan adalah nol (0) Ohm. Adapun menurut IEEE Std 80-2013 mempunyai standart untuk nilai pentanahan adalah 1,0 - 5,0 Ohm. Sedangkan PUIL 2000 dan 2011 mempunyai standart untuk nilai resistansi pentanahan adalah 5,0 Ohm atau kurang. Dan menurut SPLN T5.012 mempunyai standart nilai resistansi adalah kurang dari 0,5 ohm. Semakin kecil nilai resistansi pentanahan maka kemampuan mengalirkan arus lebih ke tanah semakin besar sehingga arus gangguan tidak merusak peralatan. kondisi lingkungan mempengaruhi nilai suatu resistansi dan korositivitas pada elektroda batang. Oleh Sebab itu di lakukan penelitian terhadap elektroda batang di tanah rawa. Dalam hal ini penulis menggunakan metode penelitian di pendekatan kuantitatif dengan melakukan observasi yang bersifat ekperimental maka didapat variable-variabel hasil dari pengukuran pada resistansi pentanahan pada lahan rawa. Peneliti melakukan penelitian resistivitas, resistansi dan investigasi laju korosi. Untuk resistivitas peneliti menggunakan alat *Digital Earth Resistance* ETCR3200C, Untuk Resistansi menggunakan alat *Digital Earth Resistance* KYORITSU 4105A dan untuk laju korosi sendiri menggunakan metode *Weight gain Loss* (WGL). Penelitian dilakukan dalam kurun waktu 3 bulan. Pada Resistansi Nilai fluktuasi terbesar pada 40,46 Ω dan nilai terkecil pada 33,64 Ω dan pada Pengukuran Resistivitas fluktuasi terbesar pada 211,01 Ω dan nilai terkecil pada 175,42 Ω . Untuk material yang mengalami laju korosi paling baik adalah batang rod besi AS dan material yang paling banyak mengalami korosi adalah batang rod besi lapis galvanis.

Kata Kunci : Resistansi Pentanahan, Lahan Rawa, Rawa Asam, Resistivitas Pentanahan, Korosi, Laju Korosi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah Subhanallahu Ta'ala yang selalu melimpahkan rahmat serta karunia-Nya yang tak terhingga, tak lupa sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad Sholallahu Allahi Wassalam beserta keluarga, sahabat, dan umatnya hingga akhir zaman dan kepada kedua orang tua yang telah memberikan do'a dan restu serta istri yang selalu mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir yang berjudul "INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG PENTANAHAN".

Pembuatan Laporan Akhir ini adalah syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Jurusan Elektro Program Studi Teknik Universitas Palembang.

Kelancaran proses penulisan Laporan Akhir ini tidak luput berkat bimbingan, arahan dan petunjuk serta kerjasamanya dari berbagai pihak, baik tahap persiapan, penyusunan, hingga terselesaikannya Laporan Akhir ini. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Zulkifli S. Mukti, S.H., M.H selaku Rektor Universitas Palembang.
2. Bapak Marliyus Sunarhati, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Palembang.
3. Bapak Dian Eka Putra, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Palembang.

4. Bapak Dian Eka Putra, S.T., M.T selaku Pembimbing I dalam penulisan Laporan Akhir Universitas Palembang.
5. Bapak Ir. Subianto, M.T selaku Pembimbing II dalam penulisan Laporan Akhir Universitas Palembang.
6. Bapak M. Noh, Selaku Pemilik Lahan Penelitian.
7. Teman-teman Tim Riset S1 Teknik Elektro dan seluruh Dosen Universitas Palembang yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Apabila dalam penyusunan Laporan Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kekeliruan baik mengenai isi maupun cara penulisan, penulis memohon kritik dan saran yang membangun guna perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga segala bantuan dan bimbingan yang penulis dapatkan selama ini mendapatkan rahmat dan ridho dari Allah Subhanallahu Ta'ala. Demikianlah, semoga Laporan Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Palembang.

Palembang, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
PERYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Sistem pentanahan atau Grounding	10
2.2 Tujuan Sistem Pentanahan	12
2.3 Keuntungan Pentanahan	13
2.4 Jenis Jenis Pentanahan	13
2.4.1 Pentanahan sistem	14
2.4.2 Pentanahan Peralatan.....	14
2.4.3 Pentanahan Penangkal Petir	15
2.5 Macam Macam Pentanahan Peralatan.....	17
2.5.1 Tegangan Sentuh Tidak Langsung	18
2.5.2 Tegangan Langkah	20
2.5.3 Tegangan Ekplosur	22
2.6 Elektroda Pentanahan.....	24
2.6.1 Elektroda Bentuk Batang.....	25
2.6.2 Eletroda Tanam Vertikal	27

2.6.3 Dua Buah Elektroda Vertikal	28
2.6.4 Elektroda Bentuk Pita.....	29
2.6.5 Elektroda Bentuk Plat.....	30
2.6.6 Elektroda Bentuk Plat Vertikal.....	30
2.6.7 Elektroda Bentuk Plat Horizontal.....	31
2.7 Faktor Mempengaruhi Tahanan Elektroda.....	32
2.8. Tahanan Jenis Tanah	33
2.8.1 Faktor Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah	34
2.8.1.1 Jenis Tanah	34
2.8.1.2 Lapisan Tanah.....	35
2.8.1.3 Kelembapan Tanah	36
2.8.1.4 Temperature	36
2.8.1.5 Kepadatan Tanah	37
2.8.1.6 Suhu Tanah	37
2.9 Pengujian Elektroda	38
2.10 Syarat Bahan dan Mutu Elektroda	39
2.10.1 Sifat Mekanis Elektroda	40
2.11 Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan	41
2.11.1 Pemansangan Sistem Grounding dan Pengukuran	45
2.11.2 Langkah Langkah Pengukuran Tahanan	46
2.12 Korosi	47
2.12.1 Jenis Jenis Korosi	48
2.12.2 Laju Korosi.....	50
BAB III METODE PENELITIAN	53
3.1 Diagram Alir	53
3.2 Lokasi Penelitian	54
3.3 Sifat Penelitian	54
3.4 Material dan Alat.....	54
3.5 Tema Data	55
3.6 Desain Penelitian.....	55
3.6.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	55
3.6.2 Subjek Penelitian	56
3.6.7 Metode Pengukuran.....	56
3.7.1 Pengukuran Pemilihan Lahan.....	56
3.7.2 Pengukuran Resistansi Batang Pentanahan	57
3.7.3 Pengukuran Korosi	57
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Analisa Resistansi Pentanahan	58
4.2 Resistivitas Tanah Rawa	64
4.3 Resistivitas Wanner Methode.....	66
4.4 Laju Korosi Elektroda Batang.....	68
4.5 Simulasi Ground Potensial Rise.....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan.....	78

5.2 Saran.....	78
BAB VI DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR GAMBAR

BAB II KAJIAN PUSTAKA.....

Gambar 2.1 Jalur Arus Gangguan.....	12
Gambar 2.2 Tegangan Sentuh Tidak Langsung.....	17
Gambar 2.3 Tegangan Langkah.....	19
Gambar 2.4 Komponen Tahanan Elektroda Batang	24
Gambar 2.5 Bentuk Bentuk Elektroda Batang.....	25
Gambar 2.6 Distribusi Tegangan Sekitar Elektroda	25
Gambar 2.7 Sudut Elektroda Pentanahan	26
Gambar 2.8 Elektroda Ditanam Tegak Lurus	27
Gambar 2.9 Dua Batang Elektroda Ditanam Tegak Lurus	28
Gambar 2.10 Jenis Jenis Elektroda Pita	28
Gambar 2.11 Elektroda Plat Dipasang Vertikal.....	30
Gambar 2.12 Elektroda Plat Dipasang Horisontal.....	31
Gambar 2.13 Kurva pengaruh Kadar Garam	36
Gambar 2.14 Earth Resistance Tester	41
Gambar 2.15 Pengukuran Tahanan Pentanahan	42
Gambar 2.16 Metode Perhitungan Nilai Pentanahan.....	43
Gambar 2.17 Rangkaian Pengganti Tahanan Pentanahan	43
Gambar 2.18 Earth Resistance Tester Kyoritsu 4105A	45
Gambar 2.19 Skematik Pemasangan Elektroda Pentanahan	47

BAB III METODE PENELITIAN

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Tahanan Resistansi	62
Gambar 4.2 Grafik Rata Rata Resistansi Pentanahan	63
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Resistansi dan Resistivitas.....	65
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan menggunakan metode wanner	67
Gambar 4.5 Grafik Bobot Rod Sebelum Ditanam	68
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Rod Setelah Ditanam	69
Gambar 4.7 Desain Grid Sistem Pentanahan.....	75
Gambar 4.8 Pontensial Countour	75
Gambar 4.9 Pontensial Countur Report.....	76
Gambar 4.10 Potensial Grid Analisis.....	77

DAFTAR TABEL

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
Tabel 2.1 Tegangan Sentuh dan Pemutus Waktu Maksimum	20
Tabel 2.2 Tegangan Langkah dan Pemutus Waktu Maksimum	21
Tabel 2.3 Harga Tahanan Jenis Tanah	33
Tabel 2.4 Konstanta Perhitungan Laju korosi.....	51
Tabel 2.5 Konversi Perhitungan Laju Korosi	52
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
Tabel 4.1 Parameter Perhitungan Resistansi.....	59
Tabel 4.2 Material Penelitian	60
Tabel 4.3 Perhitungan Resistansi Secara Periodik.....	61
Tabel 4.4 Resistansi Rata Rata Batang Pentanahan.....	63
Tabel 4.5 Resistivitas Tanah Menggunakan Rumus U.DWIGHT.....	64
Tabel 4.6 Resistivitas Tanah Menggunakan Rumus Wanner	66
Tabel 4.7 Bobot Awal Rod Sebelum Ditanam.....	68
Tabel 4.8 Bobot Rod Setelah Ditanam	69

DAFTAR LAMPIRAN

Surat Pengajuan Judul Skripsi

Surat Keputusan Pembimbing 1 dan 2

Lembar Konsultasi Bimbingan Skripsi

Foto Foto Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Listrik dalam kehidupan rumah tangga merupakan suatu hal yang sudah menjadi kebutuhan pokok. Dalam kehidupan sehari-hari listrik mempunyai peranan yang sangat penting, baik bagi masyarakat perkotaan maupun masyarakat pedesaan. Listrik dalam kehidupan rumah tangga disatu sisi memiliki banyak manfaat tetapi disisi lain memiliki resiko besar yang dapat membahayakan bagi pemakainya apabila salah dalam penanganan dan penggunaannya.

Instalasi listrik rumah tinggal dipasang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Pemasangan instalasi listrik di Indonesia diatur sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) yang merupakan revisi PUIL 1987 dan peraturan lainnya yang mendukung. Pengawasan pelaksanaan peraturan-peraturan tersebut lakukan oleh PT.PLN (Persero) atau intansi swasta yang telah di tunjuk oleh pihak PLN sebagai pemberi ijin dan pengontrol pemasangan instalasi listrik rumah tinggal.

Desa Air Sugihan Kecamatan sungai Batang Kabupaten Ogan Komring ilir Provinsi Sumatera Selatan Merupakan suatu desa yang di kelilingi dengan rawa asam. Ilmu masyarakat tentang kelistrikan sangatlah minim terutama pada system *grounding* instalasi rumah tinggal. Banyak masyarakat yang tidak peduli akan bahayanya instalasi listrik terutama pada material listrik yang di pasang pada rumah rumah mereka. Jenis kabel dan diameter kabel sering kali tidak

diperhatikan apalagi sistem pentanahannya. Daerah tersebut dikelilingi rawa asam yang tingkat laju korosinya sangat kuat terhadap logam.

Salah satu sistem instalasi listrik yang berfungsi sebagai proteksi adalah sistem pentanahan. Pentingnya tahanan pentanahan rumah tinggal adalah untuk tujuan keselamatan, sistem pentanahan berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi tegangan listrik yang timbul akibat kegagalan isolasi dari sistem kelistrikan atau peralatan listrik dalam rumah tinggal.

Adanya persyaratan umum insatalasi listrik (PUIL 2000), diharapkan dapat mendukung terciptanya mutu pemasangan instalasi yang baik. Batasan nilai tahanan pentanahan rumah tinggal yang diperbolehkan maksimal 5 Ohm untuk instalasi listrik rumah dan 2 Ohm untuk instalasi petir. Bila tahanan terukur masih tinggi, maka panjang batang pentanahan harus ditanam lebih dalam lagi, pada PUIL 2000 dijelaskan pula, jika daerah yang mempunyai jenis tanah yang nilai tahanannya tinggi, tahanan pentanahannya boleh mencapai maksimal 10 Ohm.

Nilai suatu tahanan pentanahan yang berbeda-beda pada setiap sistem pentanahan rumah tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Bahan Elektroda
2. Bentuk Elektroda
3. Kedalaman Elektroda
4. Jenis Tanah
5. Jumlah Elektroda
6. Kelembapan Tanah

7. Kandungan Mineral Tanah

8. Suhu Tanah

Tahanan atau resistansi rumah tinggal pada Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan perlu diteliti apakah sesuai standard resistansinya dikarenakan daerah tersebut merupakan daerah yang dikelilingi rawa asam yang dimana rawa asam sangat lah tidak bagus untuk material logam dikarekan air asam dapat merusak struktur logam pada batang rod pentanahan. Masyarakat di daerah tersebut ada yang menggunakan besi behel sisa sisa bangunan rumah untuk grounding rod instalasi listriknya bahkan ada yang menggunakan besi pondasi bangunan sebagai grounding rodnya. Rawa asam Pada Desa Air Sugihan Kecamatan Sungai Batang Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan merupakan rawa asam pasang surut yang dimana ketinggian Air terjadi karena pasang surut air sungai pada desa tersebut. Berdasarkan paparan tersebut peneliti ingin meneliti nilai tahanan dan laju korosi pada desa Air Sugihan dengan judul skripsi **“INVESTIGASI LAJU KOROSI PADA ELEKTRODA BATANG PENTANAHAN”**

1.2 TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mengukur resistansi dan menganalisa laju korosi pada sistem pentanahan instalasi rumah tinggal agar mendapatkan nilai yang sesuai standar PLN pada Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Selain untuk mendapatkan nilai yang standar, Peneliti juga bertujuan agar tercipta instalasi listrik yang aman demi keselamatan masyarakat agar terhindar dari kecelakaan yang terjadi akibat instalasi listrik.

1.3 MANFAAT

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan informasi pada konsumen listrik di Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan tentang Besaran resistansi pentanahan pada rumah tinggal yang mereka huni.
2. Sebagai proteksi agar masyarakat di Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan terhindar dari kecelakaan listrik pada sistem instalasi rumah tinggal.

3. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi peneliti tentang tahanan pentanahan dan material batang pentanahan di daerah rawa asam.

1.4 BATASAN MASALAH

Peneliti Membatasi permasalahan dengan berorientasi terhadap pengukuran tahanan pentanahan pada rumah tinggal sederhana dan laju korosi pada lahan warga Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan.

Jenis Elektroda yang dipakai pada batang pentanahan adalah elektroda besi as berdiameter 16 mm, besi lapis galvanis 16 mm dan besi lapis tembaga berdiameter 16 mm dengan panjang besi 1 meter yang ditanam kedalam tanah pada kedalaman 1 meter.

Alat ukur yang digunakan pada Penelitian menggunakan *earth tester* merk KYORITSU model 4105A yang digunakan untuk mengukur besaran resistansi pada batang pentanahan , *Soil analyzer tester* merk INSTRUMENT model SPH004 digunakan untuk mengukur PH tanah pada lahan rawa yang akan dilakukan penelitian. PH meter merk PH model PH-02 digunakan untuk mengukur PH air pada lahan rawa asam ketika rawa sedang pasang.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, karena hal ini untuk memudahkan dalam penulisan skripsi, maka sistematika skripsi dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagian Pendahuluan

Bagian ini berisi halaman judul, abstraksi, halaman pengesahan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar lampiran.

2. Bagian Isi Skripsi

a) BAB I. Pendahuluan

Pendahuluan bab I ini diuraikan tentang latar belakang pemberian judul, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah pada penelitian dan sistematika pada penelitian.

b) BAB II. Tinjauan Pustaka

Landasan pustaka ini mencakup penelitian penelitian yang dilakukan pada system pentanahan yang meliputi elektroda pentanahan, jenis tanah, laju korosi dan metode pengukuran pada sistem pentanahan.

c) BAB III. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menguraikan langkah-langkah penelitian yang hendak ditempuh yang meliputi, Lokasi pengerjaan, sifat penelitian, material dan bahan, tema data, desain penelitian, pengujian dan hasil laboratorium.

d) BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian ini berisi data pengukuran dan evaluasi table pengukuran

e) BAB V. Penutup

Bagian penutup ini berisi tentang simpulan, saran-saran, kelemahan, dan hambatan penelitian.

3. Bagian Akhir

Bagian ini berisi abstrak gabungan dari metode penelitian, latar belakang, evaluasi dan kesimpulan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pentanahan atau Grounding

Sistem pentanahan mulai dikenal pada tahun 1900. Sebelumnya sistem-sistem tenaga listrik tidak diketanahkan karena ukurannya masih kecil dan tidak membahayakan. Namun setelah sistem-sistem tenaga listrik berkembang semakin besar dengan tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan semakin jauh, baru diperlukan sistem pentanahan. Kalau tidak, hal ini bisa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan sistem pelayanannya sendiri. (Sugiharto, 2019)

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian Penting dari sistem tenaga listrik.

Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, dll. Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, menjamin kerja peralatan listrik/elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik, dan menyalurkan energi serangan petir ke tanah.

Perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Beberapa jenis kontur tanah mempengaruhi pemilihan jenis alat pentanahan dan perencanaan *grounding* sistemnya. Tanah liat, tanah sawah, tanah uruk tanah tambak masing – masing memiliki nilai pentanahan yang berbeda – beda juga . Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan tersebut. Besar impedansi pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor.

Faktor internal meliputi :

1. Dimensi konduktor pentanahan (diameter dan panjangnya)
2. Resistivitas tanah (Nilai tahanan tanah)
3. Konfigurasi Sistem pentanahan

Faktor external meliputi:

1. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah)
2. Frekuensi yang mengalir ke dalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk sistem pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama[6]. Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar. Syarat sistem pentanahan yang efektif meliputi :

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampitan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Di dalam panduan pendidikan dan latihan PT. PLN, dijelaskan bahwa nilai besaran pentanahan yang makin kecil maka akan semakin baik. Untuk perlindungan personil dan peralatan perlu diusahakan tahanan pentanahan lebih kecil dari 1 *Ohm*. Dalam Gardu - gardu Induk distribusi, harga tahanan maksimum yang diperbolehkan adalah 5 *Ohm*. Untuk memahami mengapa tahanan pentanahan harus rendah, dapat digunakan hukum *Ohm* yaitu :

$$E = I \times R \text{ volt}$$

Dimana:

$E =$ Tegangan (*volt*) ; $I =$ Arus Listrik (*Ampere*) ; $R =$ Tahanan (*Ohm*)

2.2 Tujuan Sistem Pentanahan

Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, kontrol di mana

diterapkan komunikasi data secara intensif dan sangat peka terhadap interferensi gelombang elektromagnet dari luar. Pentanahan di sini lebih dititikberatkan pada keterjaminan sinyal dan pemrosesannya.

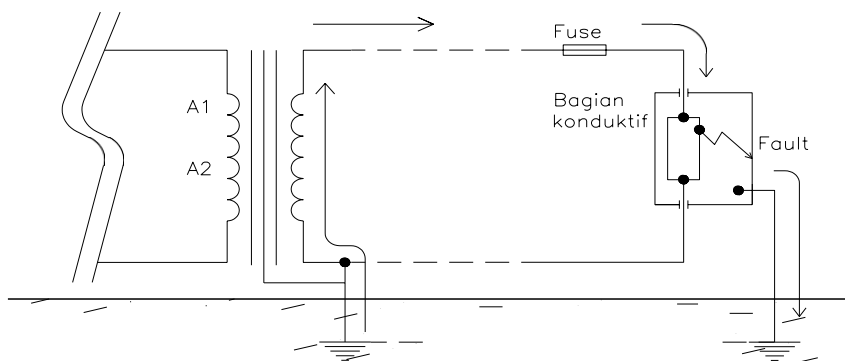
Tujuan dari pemasangan sistem pentanahan adalah :

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan.
2. Untuk memperoleh potensial yang merata dalam suatu bagian struktur dan peralatan serta untuk memperoleh impedansi yang rendah sebagai jalan balik arus hubung singkat ke tanah. Bila arus hubung singkat ke tanah dipaksakan mengalir melalui tanah dengan tahanan yang tinggi akan menimbulkan perbedaan tegangan yang besar dan berbahaya.
3. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
4. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
5. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan computer.
6. Menjamin kehandalan peralatan listrik atau elektronik.

2.3 Keuntungan Pentanahan

Keuntungan penerapan sistem pentanahan pada instalasi listrik meliputi dua hal yaitu:

1. Semua sistem kelistrikan berada dalam potensial yang seragam dan tidak dimungkinkan adanya tegangan yang mengambang.
2. Dengan menghubungkan benda kerja yang terbuat dari logam ke tanah dengan menggunakan konduktor pengaman, jalur untuk arus gangguan ke tanah telah tersedia. Hal ini terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 2.1. Jalur Untuk Arus Gangguan

2.4 Jenis Jenis Pentanahan

Secara umum sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

1. Pentanahan sistem
2. Pentanahan peralatan
3. Pentanahan penangkal petir

2.4.1 Pentanahan Sistem

Pentanahan sistem adalah Sistem dengan titik netral ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung.

Tujuan pentanahan sistem adalah:

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasayang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (realibility) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (restrike ground fault).
5. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkandalam menentukan lokasi gangguan.

2.4.2 Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan sistem pentanahan netral pengaman (PNP) adalah tindakan pengamanan dengan cara menghubungkan badan peralatan / instalasi yang diproteksi dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih. Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Sebagai contoh adalah bagian-bagian mesin atau alat yang terbuat dari logam (penghantar listrik), seperti kerangka dan rumah mesin listrik, dan panel listrik.

Pentanahan Peralatan bertujuan untuk:

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.

2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki penampilan dari sistem.

2.4.3 Pentanahan Penangkal Petir

Sistem proteksi petir (SPP) merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memproteksi bangunan serta segala hal yang ada di dalamnya dari bahaya sambaran petir. Standar dari SPP sangatlah penting supaya bangunan dan makhluk hidup didalamnya tidak mengalami bahaya. SPP pada bangunan dibagi menjadi 2 yaitu SPP Eksternal dan SPP Internal. SPP eksternal difokuskan untuk menangkap kilat petir dengan sistem terminasi udara, mengalirkan arus petir dengan aman menuju bumi dengan sistem down conductor, lalu menyebarkan arus petir ke bumi dengan menggunakan sistem terminasi pembumian. Sedangkan SPP internal difokuskan untuk mencegah percikan bahaya didalam struktur bangunan menggunakan ikatan penyama potensial (IPP) antara komponen SPP Eksternal dan elemen pengatur elektrik lainnya yang berada didalam struktur bangunan. Dalam pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan harus memenuhi standar yang berlaku. Hal ini sangat penting karena apabila instalasi penangkal petir tidak memenuhi standar, instalasi penangkal petir tidak akan bekerja dengan maksimal. Standar yang digunakan pada pokok bahasan sistem proteksi petir ini adalah SNI 03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan gedung, PUIL 2011, IEC 622305-3.

Pentanahan penangkal petir bertujuan untuk:

1. Menyalurkan arus petir, Sambaran petir yang telah mengenai terminal penangkal petir sebagai alat penerima sambaran akan membawa arus yang sangat tinggi, maka dari itu harus dengan cepat disalurkan ke bumi (grounding) melalui kabel penyalur sesuai standar sehingga tidak terjadi loncatan listrik yang dapat membahayakan struktur bangunan atau membahayakan perangkat yang ada di dalam sebuah bangunan.
2. Menangkap Petir, Dengan cara menyediakan sistem penerimaan (Air Terminal) yang dapat dengan cepat menyambut sambaran arus petir, dalam hal ini mampu untuk lebih cepat dari sekelilingnya dan memproteksi secara tepat dengan memperhitungkan besaran petir.
3. Proteksi petir jalur power listrik, Proteksi terhadap jalur dari power munta diperlukan untuk mencegah terjadinya induksi yang dapat merusak peralatan listrik dan elektronik.
4. Proteksi *Grounding* sistem, Selain memperhatikan resistansi atau tahanan tanah, material yang digunakan untuk pembuatan grounding juga harus diperhatikan, jangan sampai mudah korosi atau karat, terlebih lagi jika didaerah dengan dengan laut. Untuk menghindari terjadinya loncatan arus petir yang ditimbulkan adanya beda potensial tegangan maka setiap titik grounding harus dilindungi dengan cara integrasi atau bonding system.
5. Proteksi petir jalur elektronik, Melindungi seluruh perangkat elektronik seperti CCTV, mesin dll dengan memasang surge arrester elektronik.
6. Proteksi petir jalur PABX, Melindungi seluruh jaringan telepon dan signal termasuk pesawat faxsimile dan jaringan data.

7. Dengan cara membuat grounding system dengan resistansi atau tahanan tanah kurang dari 5 Ohm. Hal ini agar arus petir dapat sepenuhnya diserap oleh tanah tanpa terjadinya step potensial. Bahkan di lapangan saat ini umumnya resistansi atau tahanan tanah untuk instalasi penangkal petir harus dibawah 3 Ohm.

2.5 Macam-macam Pentanahan Peralatan

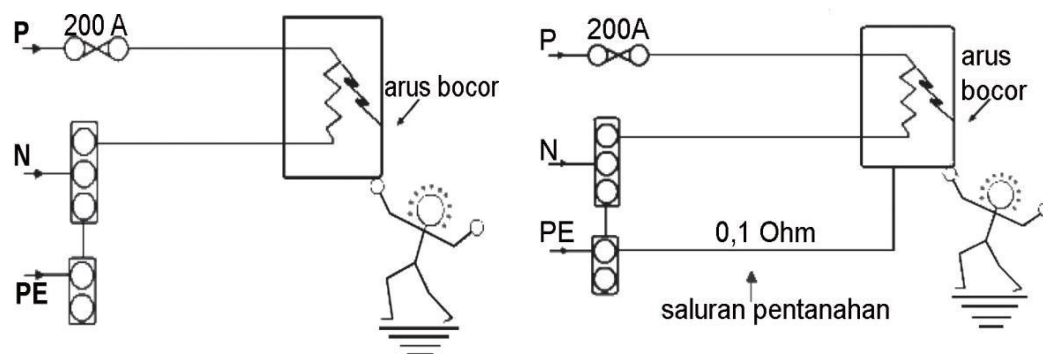
Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Sebagai contoh adalah bagian-bagian mesin atau alat yang terbuat dari logam (penghantar listrik), seperti kerangka dan rumah mesin listrik, dan panel listrik.

Ada tiga macam pentanahan peralatan yaitu:

1. Tegangan sentuh tidak langsung
2. Tegangan langkah
3. Tegangan eksposur

2.5.1 Tegangan Sentuh Tidak Langsung

Tegangan sentuh tidak langsung adalah tegangan pada bagian alat/instalasi yang secara normal tidak dilalui arus namun akibat kegagalan isolasi pada peralatan/instalasi, pada bagian-bagian tersebut mempunyai tegangan terhadap tanah Gambar 2.6. Bila tidak ada pentanahan maka tegangan sentuh tersebut sama tingginya dengan tegangan kerja alat/instalasi. Hal ini, sudah tentu, membahayakan manusia yang mengoperasikannya atau yang ada di sekitar tempat itu. Selama alat pengaman arus lebih tidak bekerja memutuskan rangkaian, keadaan ini akan tetap bertahan. Namun dengan adanya pentanahan secara baik, kemungkinan tegangan sentuh selama terjadi gangguan dibatasi pada tingkat aman atau maksimum 50 V untuk ac.



Gambar 2.2: Tegangan Sentuh Tidak Langsung

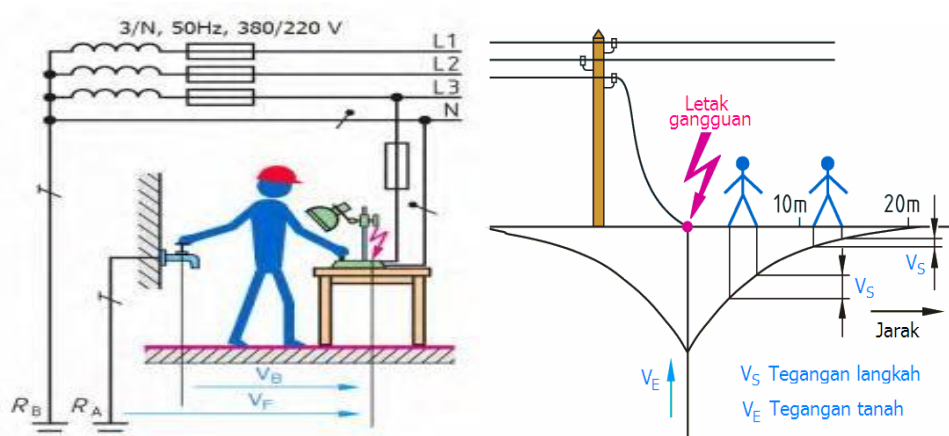
Dalam gambar ini terlihat jelas perbedaan antara sebelum dan setelah ada pentanahan pada alat yang terbungkus dengan bahan yang terbuat dari logam (penghantar). Pada keadaan sebelum diketanahkan, bila terjadi arus gangguan (arus bocor), maka selungkup alat mempunyai tegangan terhadap tanah sama

dengan tegangan sumber (tegangan antara L-N). Tegangan ini sudah tentu sangat membahayakan operator atau orang yang menyentuh selungkup alat tersebut dan pengaman arus beban lebih tidak bekerja memutuskan aliran bila tidak melampaui batas kerjanya. Sehingga kalau pun terjadi sengatan pada manusia alat pengaman ini masih belum akan bekerja karena arus listrik yang mengalir ke tubuh tidak cukup besar untuk bekerjanya pengaman akibat dari adanya tahanan tubuh yang relatif besar. Sedangkan, pada keadaan setelah dilakukan pentanahan, maka bila terjadi arus gangguan, karena tahanan pentanahan sangat kecil (persyaratan), maka akan mengalir arus gangguan yang sangat besar sehingga membuat bekerjanya pengaman arus lebih, yaitu dengan memutuskan peralatan dari sumber listrik. Dalam waktu terjadinya arus gangguan ini, dan dengan tahanan pentanahannya sangat rendah, tegangan sentuh dapat dibatasi pada batasannya.

2.5.2. Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang terjadi akibat aliran arus gangguan yang melewati tanah. Arus gangguan ini relatif besar dan bila mengalir dari tempat terjadinya gangguan kembali ke sumber (titik netral) melalui tanah yang mempunyai tahanan relatif besar maka tegangan di permukaan tanah akan menjadi tinggi. Gambar 3 mengilustrasikan tegangan ini. Bila kita perhatikan Gambar 3 (a), satu tangan memegang dudukan lampu dan tangan satunya lagi memegang kran air. Antara kran air dan dudukan lampu dalam keadaan normal tidak bertegangan. Tetapi ketika terjadi gangguan ke tanah, arus mengalir kembali ke sumber melalui pentanahan RA

dan RB. Adanya aliran arus gangguan ini menimbulkan tegangan antara letak gangguan dan RA sebesar V_F dan antara kran air dan dudukan lampu sebesar V_B . Besar kedua tegangan ini ditentukan oleh besar arus gangguan dan tahanan pentanahannya. Semakin besar arus dan tahanan akan semakin besar pula tegangan sentuhnya. Besar tegangan ini harus dibatasi dalam batas aman begitu juga lama waktu terjadinya tegangan harus dibatasi sependek mungkin. Lama waktu terjadinya tegangan ini dibatasi oleh waktu kerja alat pengaman arus lebih.



Gambar 2.3 : Tegangan Langkah

International Electrotechnical Commission (IEC) merekomendasikan besar dan lama tegangan sentuh maksimum yang diperbolehkan seperti dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.1: Tegangan Sentuh dan Waktu Pemutus Maksimum

Tegangan Sentuh RMS Maksimum	Waktu Pemutusan Maksimum
(V)	(Detik)
<50	~
50	5,0
75	1,0
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

Sumber: *International Electrotechnical Commission (IEC)*

Berdasarkan tabel ini dapat dikatakan bahwa semakin tinggi tegangansentuh semakin pendek waktu pemutusan yang dipersyaratkan bagi alat pengaman proteksinya. Untuk tegangan sentuh kurang dari 50 V AC tidak ada persyaratan waktu pemutusannya, yang berarti bahwa tegangan itu diperkenankan sebagai tegangan permanen.

Bila terjadi gangguan tanah seperti yang digambarkan pada Gamba 2.7 (b), di mana ada salah satu saluran fasa putus dan menyentuh tanah, maka akan terjadi tegangan eksposur dengan gradien seperti ditunjukkan oleh gambar. Tegangan ini ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah yang besar yang mengalir melalui tanah untuk kembali lagi ke sumber. Gradien tegangan semakin menurun dengan semakin jauhnya jarak dari letak gangguan. Tegangan ini sangat membahayakan

orang yang ada di atas tanah/lantai sekitar terjadinya gangguan tersebut walaupun yang bersangkutan tidak menyentuh bagian-bagian mesin. Tegangan ini adalah tegangan antar kaki dan karena itulah kemudian disebut tegangan langkah. Tegangan langkah harus dibatasi serendah mungkin dan dalam waktu yang sependek-pendeknya. Besar tegangan langkah diminimalisir dengan sistem pentanahan sedangkan waktu pemutusannya dilakukan dengan peralatan pengaman.

2.5.3 Tegangan Eksposur

Ketika terjadi gangguan tanah dengan arus yang besar akan memungkinkan timbulnya beda potensial antara bagian-bagian yang dilalui arus dan antara bagian-bagian yang tidak dilalui arus terhadap tanah yang disebut tegangan eksposur. Tegangan ini bisa menimbulkan busur tanah (*grounding arc*) yang memungkinkan terjadinya kebakaran atau ledakan. Arus gangguan tanah di atas 5A cenderung tidak dapat padam sendiri sehingga menimbulkan potensi kebakaran dan ledakan. Dengan sistem pentanahan ini, membuat potensial semua bagian struktur, peralatan dan permukaan tanah menjadi sama (*uniform*) sehingga mencegah terjadinya loncatan listrik dari bagian peralatan ke tanah. Yang tidak kalah pentingnya adalah ketika terjadi gangguan tanah, tegangan fasa yang mengalami gangguan akan menurun. Penurunan tegangan ini sangat mengganggu kinerja peralatan yang sedang dioperasikan. Kejadian ini pula bisa mengganggu kerja paralel generator-generator sehingga secara keseluruhan akan mengganggu kinerja sistem tenaga.

Rural Electrification Administration (REA), AS, merekomendasi tegangan langkah dan waktu pemutusan maksimum yang diperbolehkan seperti tabel berikut ini.

Tabel 2.2: Tegangan Langkah dan Waktu Pemutusan Gangguan Maksimum yang diizinkan

Lama Gangguan T (detik)	Tegangan Langkah yang Diizinkan (V)
0,1	7.000
0,2	4.950
0,3	4.040
0,4	3.500
0,5	3.140
1,0	2.216
2,0	1.560
3,0	1.280

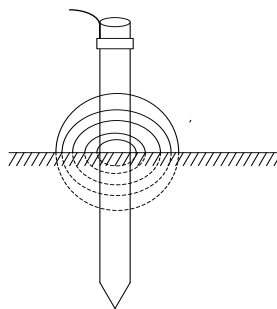
Sumber: *Rural Electrification Administration (REA), AS*

Jadi secara singkat, pentanahan peralatan ini dimaksudkan untuk:

1. Mengamankan manusia dari sengatan listrik baik dari tegangan sentuh maupun tegangan langkah.
2. mencegah timbulnya kebakaran atau ledakan pada bangunan akibat busurapi ketika terjadi gangguan tanah.
3. memperbaiki kinerja sistem.

2.6 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah suatu penghantar yang ditanamkan kedalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung ini dengan tujuan agar diperoleh pelaluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ke tanah. Bahan konduktor merupakan bahan yang digunakan sebagai elektroda pentanahan, berdasarkan ketentuan maka bahan tersebut adalah besi, aluminium, dan tembaga. Dari ketiga jenis bahan tersebut ditinjau dari sifat mekanis, elektris dan kimiawi maka tembaga mempunyai keunggulan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan yang lain namun ditinjau dari segi biaya tembaga cenderung lebih mahal, tetapi mengingat kesulitan yang timbul bila elektroda tersebut mengalami kerusakan baik pengaruh elektris, mekanis dan kimiawi maka tembaga lebih unggul.



Gambar 2.4: Komponen Tahanan dari suatu batang elektroda pentanahan

Untuk mendapatkan tahanan pembumian yang kecil, diperlukan elektroda pentanahan. Prinsip dasar untuk memperoleh tahanan yang kecil adalah dengan membuat permukaan elektroda bersentuhan dengan tanah sebesar mungkin, sesuai dengan rumus :

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Dimana:

R = Tahanan Pentanahan (Ω)

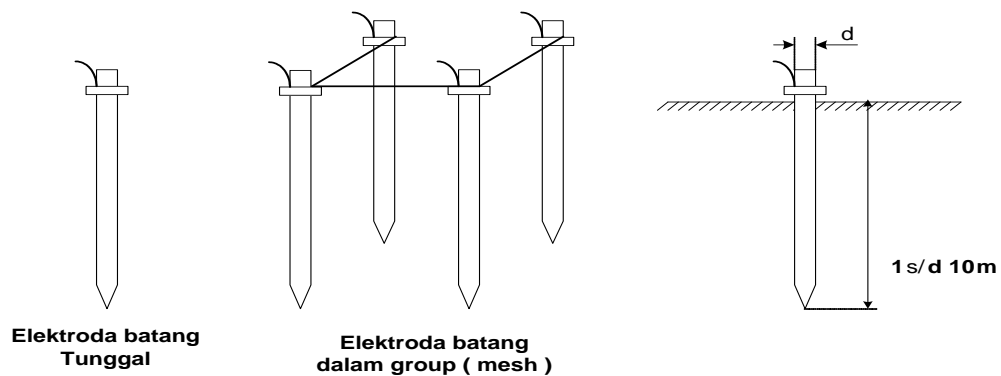
ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ωm)

L = Panjang lintasan arus pada tanah (m)

A = Luas penampang lintasan arus pada tanah (m^2)

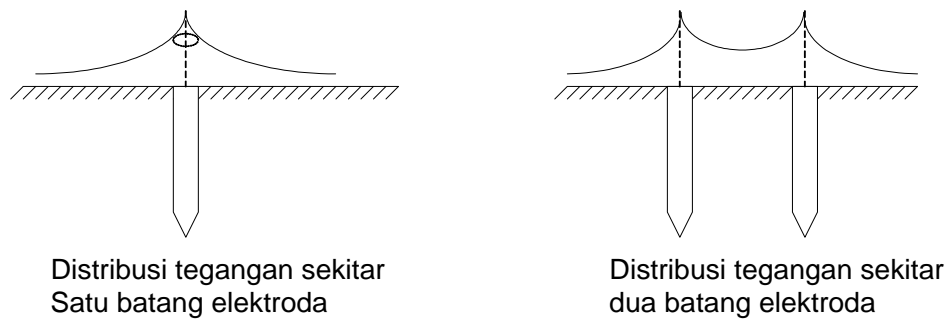
2.6.1 Elektroda Bentuk Batang (Rod)

Elektroda bentuk batang ini adalah elektroda bentuk pipa atau batang profil yang ditanamkan tegak lurus kedalam tanah dengan kedalaman antara 1 sampai 10 meter.



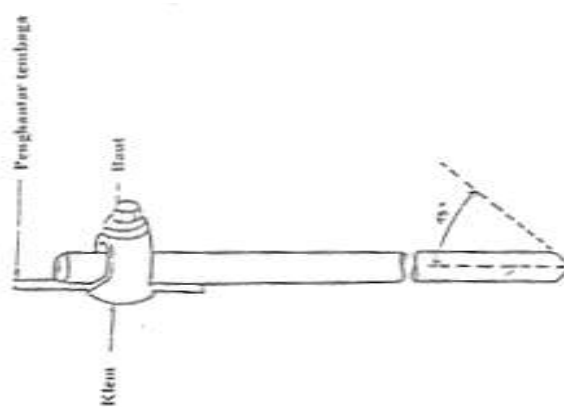
Gambar 2.5: Bentuk-bentuk Elektroda Batang

Dibawah ini diperlihatkan distribusi tegangan yang terjadi pada elektroda pada saat terjadi gangguan.



Gambar 2.6 : Distribusi tegangan sekitar Elektroda

Elektroda pentanahan harus terbuat dari batang baja pejal yang berlapis tembaga dan salah satu ujungnya lancip dengan sudut kelancipan (45 ± 5)° seperti terlihat pada Gambar 7.

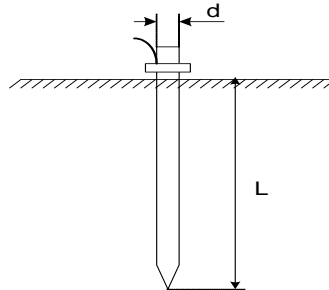


Gambar2.7: Sudut Elektroda pentanahan

2.6.2 Satu Buah Elektroda Batang Ditanam Vertikal Ke Dalam Tanah

Dasar perhitungan tahanan pentanahan adalah perhitungan kapasitansi dari susunan batang-batang elektroda pentanahan dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan uniform sepanjang batang elektroda. Hubungan tahanan dan kapasitansi dapat dijelaskan dengan suatu analogi. Analogi ini merupakan dasar perhitungan karena aliran arus masuk ke dalam tanah dari elektroda pentanahan

mempunyai kesamaan dengan emisi fluks listrik dari konfigurasi yang sama dari konduktor yang mempunyai muatan yang terisolir.



Gambar 2.8 : Elektroda batang ditanamkan tegak lurus

$$R_{bt1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right)$$

Dimana :

R_{bt1} = Tahanan pembumian elektroda batang (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

L = Panjang batang yang tertanam (m)

d = diameter elektroda batang (m)

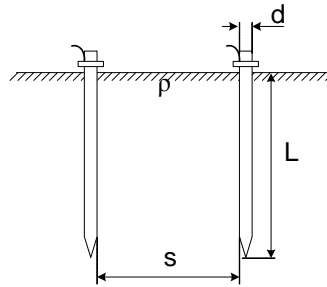
\ln = Logaritmus (dasar e = 2.7182818)

2.6.3 Dua Buah Elektroda Batang Ditanam Vertikal Ke Dalam Tanah

$$R_{bt2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \right) \text{ Untuk } s > L$$

$$R_{bt2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) \text{ Untuk } s < L$$

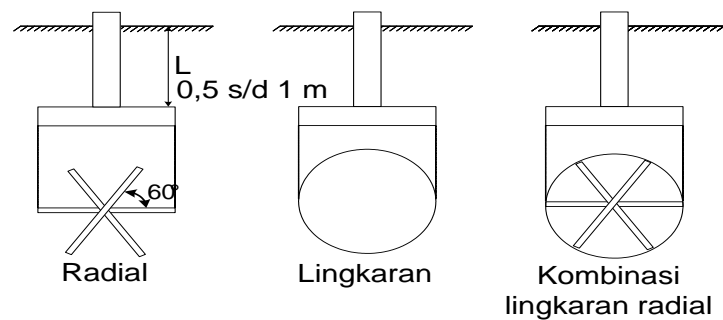
Dimana s = Jarak antara kedua elektroda batang (meter)



Gambar 2.9 : Dua batang elektroda ditanamkan tegak lurus

2.6.4 Elektroda Bentuk Pita

Merupakan logam yang mempunyai penampang yang berbentuk pita atau juga dapat berbentuk bulat, pita yang dipilin atau dapat juga bentuk kawat yang dipilin. Elektroda ini dapat ditanamkan kedalam tanah secara dangkal pada kedalaman 0,5 sampai dengan 1 meter dari permukaan tanah.



Gambar 2.10 : Jenis-jenis elektroda pita

Besarnya tahanan pembumian dengan elektroda pita ini dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{pt} = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} \right)$$

Dimana :

R_{pt} = Tahanan pembumian elektroda pita (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

L = Panjang elektroda pita yang tertanam (m)

d = Lebar pita / Diameter elektroda kalau bulat (m)

ln = Logaritmus (dasar e = 2.7182818)

2.6.5 Elektroda Bentuk Plat

Elektroda bentuk ini merupakan elektroda dari plat logam dimana pada pemasangannya dapat ditanahkan secara tegak lurus atau mendatar tergantung dari tujuan penggunaannya dengan kedalaman lebih kurang 1 meter dari permukaan tanah.

2.6.6 Elektroda Bentuk Plat dipasang tegak lurus (vertikal)

Besarnya tahanan pembumian dengan elektroda plat yang dipasang tegak lurus ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{pl} = \frac{\rho}{4,1L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right)$$

Dimana :

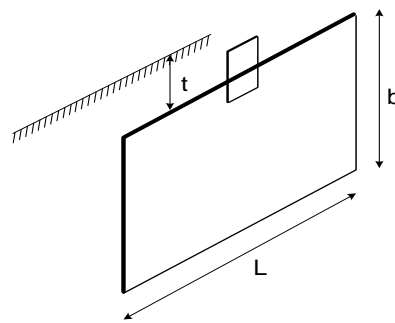
R_{pl} = Tahanan pembumian elektroda Plat (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

L = Panjang Elektroda plat (m)

b = Lebar plat

t = Kedalaman plat (m)



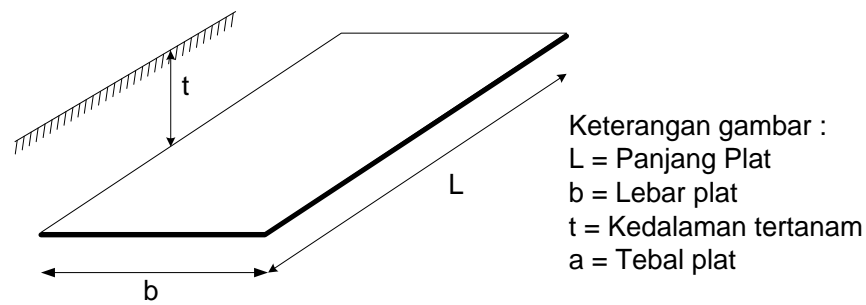
Keterangan gambar :
 L = Panjang Plat
 b = Lebar plat
 t = Kedalaman tertanam

Gambar 2.11 : Elektroda Plat dipasang tegak lurus (vertikal)

2.6.7 Elektroda Bentuk Plat dipasang mendatar (horisontal)

Besarnya tahanan pembumian dengan elektroda plat yang dipasang mendatar ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{pl} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{t} - 1 + \frac{t}{2L} - \frac{t^2}{16L^2} + \frac{t^4}{512L^4} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$



Gambar 2.12 : Elektroda Plat dipasang mendatar (Horizontal)

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Elektroda Pentanahan

Tahanan dari elektroda pentanahan dibuat harus mengikuti beberapa komponen, antara lain:

a. Tahanan Dari Material Elektroda.

Pasak yang biasanya digunakan sebagai penjepit antara elektroda batang dengan kabel yang dijepitkan untuk sambungan ke peralatan yang dibumikan memiliki tahanan yang kecil karena elektroda-elektroda pentanahan ukurannya lebih besar dan memiliki penampang yang sedemikian sehingga tahanan pasak dapat diabaikan terhadap tahanan dari keseluruhan sistem pentanahan.

b. Tahanan Kontak Dari Elektroda Dengan Tanah.

Apabila elektroda pentanahan bersih dari cat atau minyak dan dipancangkan dengan kuat ke tanah, maka tahanan kontak dari elektroda dengan tanah dapat diabaikan.

c. Tahanan Dari Tanah Itu Sendiri.

Lapisan tanah yang terdekat dengan elektroda pentanahan yang dipancangkan ke tanah memiliki permukaan yang sempit, sehingga menghasilkan tahanan pentanahan yang besar. Sedangkan pada lapisan tanah yang lain yang memiliki permukaan yang lebih luas memiliki tahanan yang lebih kecil, sehingga dapat dikatakan pada jarak tertentu ada daerah yang disebut daerah tahanan efektif yaitu suatu lapisan tanah yang tidak akan menambah tahanan pentanahan di sekitar elektroda pentanahan yang dipancangkan ke tanah.

2.8 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah direpresentasikan dengan notasi ρ . Pembumian itu sendiri merupakan sebuah badan yang sangat besar dapat digambarkan sebagai sebuah bak penampung yang tidak terbatas untuk mengalirkan arus ke dalam tanah dan dapat mempertimbangkan tahanan yang kecil untuk mengalirkan arus.

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung pada beberapa faktor yaitu :

- a. Keadaan struktur tanah antarlain struktur geologi seperti tanah liat, tanah rawa,tanah berbatu,tanah pasir, tanah gambut dan sebagainya.
- b. Unsur kimia yang terkandung dalam tanah, seperti garam,logam,dan mineral lainnya.
- c. keadaan iklim ,basah atau kering.
- d. Temperatur tanah dan jenis tanah

Tabel 2.3: Harga Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Resistansi Jenis Tanah ($\Omega.m$)
Tanah Rawa	10 – 40
Tanah Liat dan Tanah Ladang	20 – 100
Pasir Basah	50 – 200
Kerikil Basah	200 – 3000
Pasir / kerikil kering	< 10000
Tanah berbatu	2000 – 3000
Air laut dan air tawar	10 – 100

Sumber: PUIL 2000

2.8.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor berikut, antara lain:

1. Jenis Tanah

Jenis-jenis tanah antara lain tanah liat, berpasir, berbatu dan lain sebagainya. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pembumian dapat dilakukan dengan menanamkan elektroda pembumian sampai mencapai kedalaman dimana terdapat air tanah yang konstan.

Tahanan jenis tanah di muka bumi ini sangat bervariasi dari 500 sampai 50.000 Ohm per cm³. Kadang-kadang harga ini dinyatakan dalam Ohm-cm. Pernyataan Ohm-cm merepresetasikan tahanan di antara dua permukaan yang berlawanan dari suatu volume tanah yang berisi 1 cm³.

2. Lapisan Tanah

Profil tanah pada umumnya tidak mempunyai tekstur dan struktur yang sama, melainkan terdiri dari lapisan-lapisan yang berbeda susunan fisiknya. Lapisan-lapisan tersebut ada yang bersifat permeabel maupun impermeabel. Kondisi lapisan demikian sangat mempengaruhi pergerakan air dalam tanah. Lapisan keras tidak tembus air, sehingga memperlambat pergerakan air. Lapisan berpasir juga menghalangi pergerakan air dari lapisan yang bertekstur halus. Tanah pada tempat penelitian ini adalah homogen.

3. Kelembaban Tanah

Kondisi kelembaban tanah sangat bergantung dari kadar air tanah yang terkandung di dalamnya. Tanah yang lembab biasanya berada pada daerah dataran rendah dan daerah tersebut memiliki curah hujan yang tinggi, sehingga tanah tersebut banyak kandungan airnya..

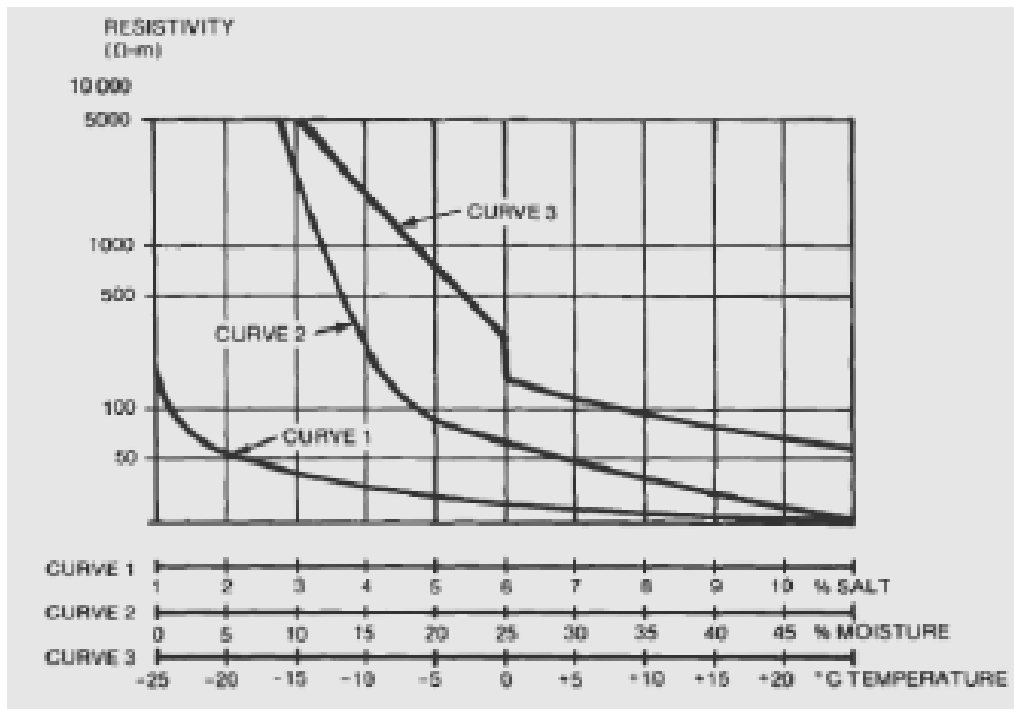
4. Temperatur

Iklm pada suatu daerah tempat pengujian dipengaruhi oleh curah hujan dan temperatur. Kedua faktor ini menentukan reaksi-reaksi kimia dan sifat fisis di dalam tanah. Secara tidak langsung curah hujan juga mempengaruhi reaksi tanah. Curah hujan yang tinggi terutama di daerah Indonesia yang beriklim tropis dapat mencuci kation-kation basa dari lapisan permukaan tanah (top soil) ke lapisan tanah yang lebih dalam, akibatnya top soil lebih banyak didominasi oleh ion-ion Al dan H, sebagai akibatnya PH tanah akan turun pada top soil sampai mencapai

nilai 4,5 atau di bawahnya lagi. Di daerah-daerah tropis beriklim basah gerakan-gerakan air tanah turut membasuh sejumlah kation yang dapat dipertukarkan. Kation-kation basa itu digantikan oleh H- dan peristiwa ini akan menurunkan persen jenuh basa tanah.

Listrik yang bersifat menghantarkan panas (konduktor) yang terdapat di dalam tanah itu pada dasarnya bersifat elektrolit. Dengan alasan tahanan jenis tanah itu naik ketika kelembaban tanah yang terhitung kurang dari 15% dari berat tanah. Jumlah embun yang terdapat dalam tanah tergantung pada butiran embun, kepadatan tanah, dan jenis dari pada ukuran embun tersebut. Bagaimanapun juga seperti yang ditunjukkan Gambar 2.9. Pada kurva 2 tahanan jenis tanah mempunyai efek yang lebih kecil ketika kandungan kelembaban tanah melebihi 22%.

Efek temperatur yang terdapat pada Tahanan Jenis Tanah hampir tidak ada di atas titik beku. Pada 0°C air yang terdapat dalam tanah mulai membeku dan Tahanan Jenis Tanah meningkat. Kurva 3 menunjukkan variasi jenis ini untuk jenis Tanah Liat di dalamnya terdapat 15,2% dari kelembaban berat tanah. Komposisi dan jumlah larutan garam, sifat keasaman atau alkali yang terdapat dalam tanah dapat menimbulkan efek bagi tahanan jenis tanah tersebut. Kurva 1 dari Gambar 2.9. menunjukkan sebuah efek dari larutan garam tersebut (sodium klorida) pada Tahanan Jenis Tanah terkandung 30% kelembaban dari berat jenis tanah.



Gambar 2.13 : Kurva Pengaruh Kadar Garam, Kelembaban dan Temperatur Terhadap Tahanan Jenis Tanah

5. Kepadatan Tanah

Bila tanah semakin padat maka kandungannya akan semakin sedikit, akibatnya tahanan jenis tanahnya semakin besar.

6. Suhu Tanah

Untuk daerah – daerah dengan suhu tinggi, kandungan air yang terdapat dalam tanah pun menjadi sedikit sehingga konduktivitasnya juga menjadi berkurang. Sedangkan untuk daerah dengan suhu yang sangat rendah kandungan air dalam tanah lebih banyak sehingga resistansi jenis tanah akan tinggi karena ion – ion arus listrik lebih mudah bergerak dalam larutan air. Dengan kata lain, suhu

tanah disekitar elektroda pentanahan juga berpengaruh terhadap besarnya kandungan air garam pun semakin tinggi sehingga tahanan tahanan pentanahannya akan semakin rendah.

2.9 Pengujian Elektroda

Pengujian sebuah elektroda sangat penting dilakukan agar terjaminnya sebuah sistem pentanahan. Elektroda pentanahan sebelum dipasarkan harus melalui beberapapengujian seperti:

1. Uji jenis: pengujian untuk mengetahui sifat-sifat menyeluruh (lengkap) dari elektroda pentanahan. Pengujian ini pada umumnya hanya dilakukan sekali untuk setiap jenis dari setiap pabrik pembuat.
2. Uji contoh: pengujian untuk mengetahui sifat-sifat tertentu dari sejumlah elektroda pentanahan yang akan diserahkan terimakan. Pengujian ini dilaksanakan pada beberapa elektroda pentanahan yang diambil menurut cara tertentu sedemikian rupa sehingga mewakili sejumlah elektroda pentanahan.
3. Uji rutin: pengujian untuk memisahkan elektroda pentanahan yang cacat atau menyimpang dari persyaratan dalam standar yang telah ditentukan. Pengujian ini dilaksanakan pada setiap elektroda pentanahan yang diproduksi.

2.10 Syarat Bahan dan Mutu Elektroda Pentanahan

Bahan-bahan yang digunakan pada sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sehingga mutu dari material sistem pentanahan dapat sesuai standar yang berlaku. Syarat-syarat tersebut antara lain (Pabla, 1986):

1. Syarat Bahan:

Batang elektroda pentanahan harus terbuat dari baja karbon tinggi dengan kuat tarik minimum 51 kg/mm², serta mempunyai kekerasan minimum 74 HrB (Hardness Brinell). Untuk lapisan tembaga harus mempunyai kadar tembaga minimum 99,9%. Klem dan baut harus terbuat dari tembaga paduan dengan kadar tembaga minimum 60%.

2. Syarat Mutu:

Elektroda pentanahan harus mempunyai permukaan yang halus, rata, bersih dan tidak berpori. Kelancipan ujung batang elektroda pentanahan diperiksa dengan menggunakan busur berskala. Kelurusan elektroda diperiksa dengan menggunakan benang. Diameter diukur dengan menggunakan jangka sorong atau micrometer yang mempunyai resolusi pembacaan minimum 0,001 mm. Panjang batang diukur dengan meteran yang mempunyai resolusi pembacaan 1 mm. Tebal lapisan tembaga diukur dengan alat yang sesuai dengan resolusi pembacaan minimum 1 mikron. Untuk komposisi bahan diuji secara analisa kimia atau spektrofotometer secara atom. Kuat tarik diuji dengan menggunakan mesin kuat tarik. Kekerasan diukur dengan alat ukur kekerasan Brinell atau yang sejenis.

2.10.1 Sifat Mekanis Elektroda

1. Kemampuan Penancangan

Ujung lancip elektroda ditancapkan kedalam tanah, lalu bagian ujung lainnya dipukul dengan menggunakan martil (palu tangan) atau palu luncur yang beratnya 2 – 4 kg. Pemukulan dilakukan sampai seluruh batang elektroda

pentanahan masuk kedalam tanah. Selama penancapan elektroda tidak boleh pecah, bengkok atau patah.

2. Kelekatan Lapisan

Ujung lancip pada batang elektroda dimasukkan diantara dua rahang plat baja kemudian didorong hingga 50 cm. Jarak rahang plat baja adalah diameter elektroda dikurangi 1,02 mm. Lapisan tembaga yang terdapat pada elektroda tidak boleh terkelupas kecuali pada bagian yang terkena rahang plat baja.

3. Kemampuan Tekuk

Batang elektroda pentanahan dijepit kemudian ditekuk dengan gaya pada jarak 40 x diameter batang elektroda dari titik jepit sehingga membentuk sudut tetap sebesar 30° terhadap sumbu batang elektroda, lapisan tembaga pada elektroda tidak boleh rusak.

4. Korosi

Batas maksimum laju korosi yang diijinkan pada batang elektroda pentanahan adalah sebesar 50 mg/dm²/hari.

5. Resistan kontak sebelum arus uji waktu singkat

Pengukuran resistan kontak antara penghantar dan batang elektroda dilakukan dengan mengalirkan arus searah 100 A selama 1 menit. Pengukuran dilakukan dengan mengukur turun tegangan (ΔV) dan pengukuran dilakukan pada suhu ruang (27 ± 2)°C. Sebelum dilakukan pengujian dengan arus uji waktu singkat, nilai resistan kontak antara penghantar dan batang elektroda maksimum 15 mikro ohm.

6. Resistan kontak sesudah arus uji waktu singkat

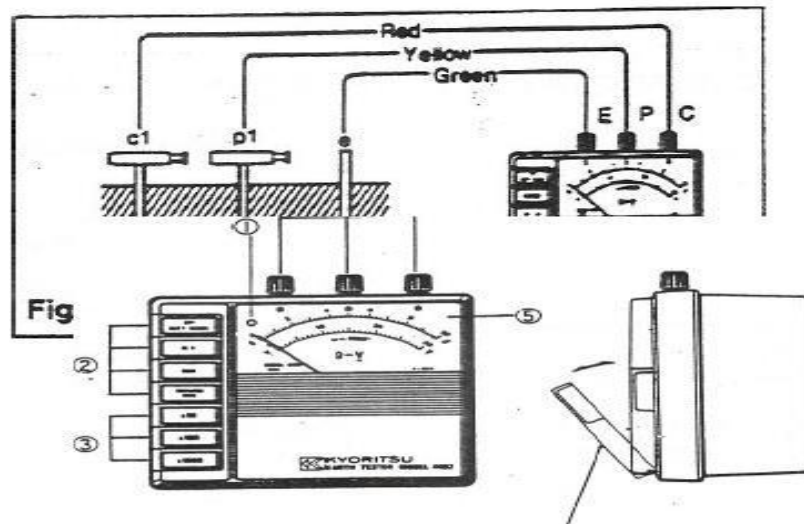
Sesudah dilakukan pengujian dengan arus uji waktu singkat, nilai resistankontak antara penghantar dan batang elektroda maksimum 20 mikro ohm.

7. Resistan batang elektroda pentanahan

Pengukuran resistan elektroda pentanahan dilakukan dengan menggunakan alat ukur Double Bridge. Nilai resistan batang elektroda pentanahan setelah pengukuran maksimum 5×10^{-3} ohm/meter pada suhu 27° C.

2.11 Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan

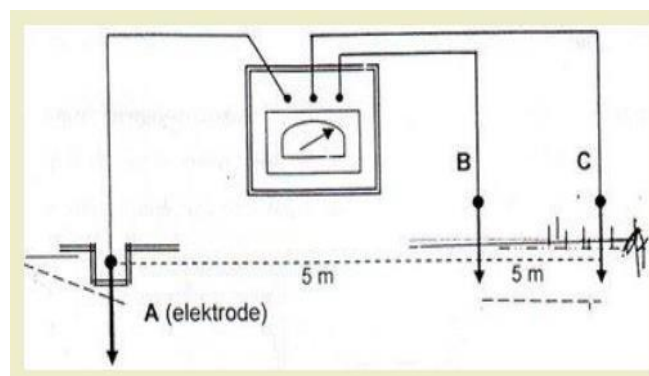
Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat. Dengan demikian pelat tersebut harus ditanam hingga mendapatkan tahanan terhadap tanah sekitar yang sekecil- kecilnya. Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur megger tanah (*Earth Resistance Tester*), seperti diperlihatkan pada gambar 14. Dengan alat tersebut maka dapat diketahui apakah pentanahan peralatan listrik yang dilakukan sudah memenuhi syarat atau belum. Dengan ketentuan sebagaimana telah disebutkan diatas.



Gambar 2.14: *Earth Resistance Tester (Grounding Tester)*

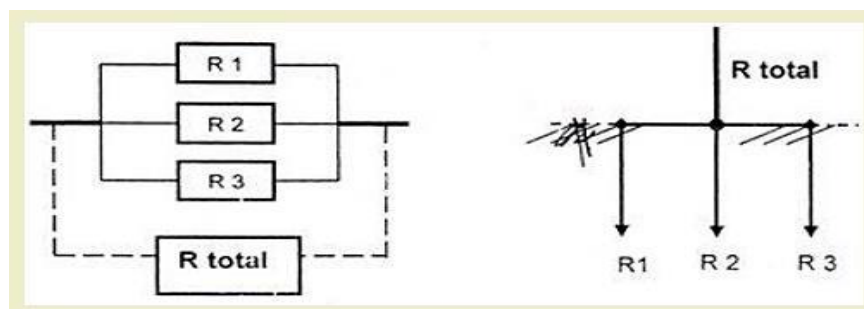
Dimana:

1. OK Lamp
2. Function Switch Button
3. Ohm Range Switch Button
4. Terminal
5. Scale Plate

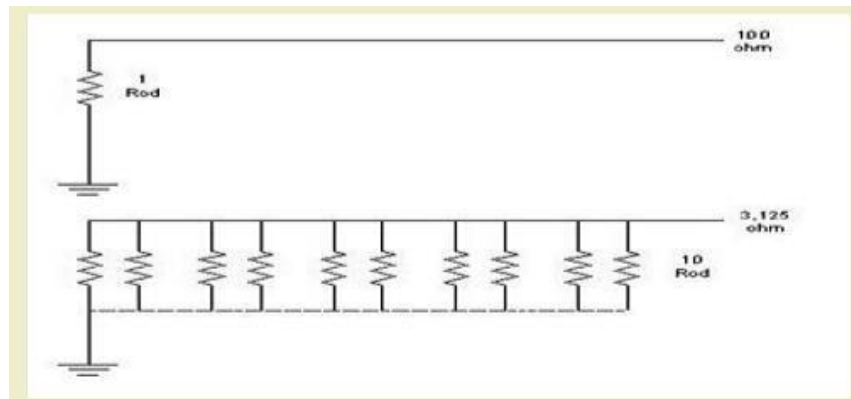


Gambar 2.15: Pengukuran tahanan pentanahan

Pelaksanaan pengoperasian *earth resistance tester* sbb: Prop (A) di hubungkan dengan elektroda (di bak kontrol). Prop (B) dan (C) ditancapkan ketanah dengan jarak antara 5 sd. 10 meter. Maka alat ukur akan menunjukkan besar dari R – tanah. Standar besar R-tanah untuk elektroda pentanahan ± 5 Ohm. apabila belum mencapai nilai 1 Ohm, maka elektroda dapat ditambah dan dipasang diparalel. Pentanahan paling ideal apabila elektroda dapat mencapai sumber air atau R-tanah = 0. Contoh: Pemasangan elektroda pertama (R1), setelah diukur = 12 Ω Selanjutnya ditanam lagi elektroda ke 2 (R2), diukur tahanan = 12 Ω , Maka besar tahanan RI diperoleh dengan R2 = 6 Ω , Karena belum mencapai 1 Ω , maka ditanam lagi elektroda ke 3 (R3), dan seterusnya. Maka perhitungan R ekivalennya sebagai berikut:



Gambar 2.16: Metode Penghitungan Nilai Tahanan Pentanahan



Gambar 2.17: Rangkaian Pengganti Tahanan Pentanahan

Pada saat dibangun sistem pentanahan, setelah diukur dengan *Earth resistance tester* Nilai yang muncul 100 *Ohm* (maks), kalau acuannya PUIL maka nilai tersebut harus diturunkan. Yang dilakukan apabila dijumpai permasalahan tersebut, maka harus dilakukan menambah Rod sesuai dengan rumus mencari Nilai 2 tahanan yang di- paralelkan. (Rod dianalogikan sebagai tahanan). Kalau $100/100 = 50 \text{ Ohm}$ (2 rod); $50/50 = 25 \text{ Ohm}$ (menjadi 4 rod); $25/25 = 12.5 \text{ Ohm}$ (menjadi 6 rod); $12.5/12.5 = 6.25 \text{ Ohm}$ (menjadi 8 rod), $6.25/6.25 = 3.125 \text{ Ohm}$ (menjadi 10 rod); $3.125/3.125=1.56 \text{ Ohm}$ (menjadi 11 rod); $1.56/1.56 = 0.78 \text{ Ohm}$ (menjadi 12 rod), sehingga dengan menempatkan rod dengan jumlah 12 buah maka didapatkan nilai tahanan pentanahan dibawah 1 *Ohm*. Setelah *Grounding Ring* dipastikan terhubung sempurna, dilakukan kembali pengecekan nilai tahanan pentanahannya dengan menggunakan *earth resistance tester*.

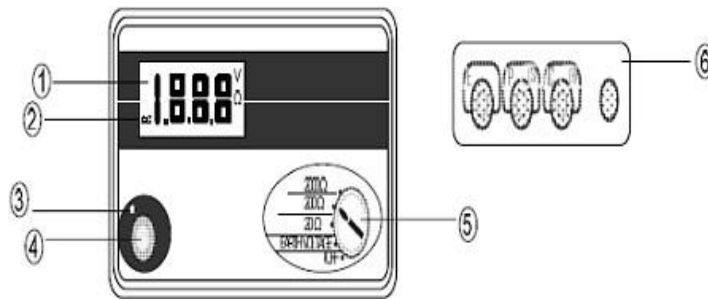
2.11.1 Pemasangan Sistem Grounding Dan Pengukuran

Dilakukan penentuan titik dimana elektrode pentanahan akan ditanam. Dalam melakukan penanaman elektroda bisa diupayakan pada titik yang mudah untuk menanam / tidak terbentur dengan batu atau kerikil. Jika pada saat penanaman elektrodapentanahan masih membentur dengan kerikil yang keras atau batu, maka bisa dipindahkan ke titik sampingnya. Untuk memudahkan penanaman elektroda bisa dibantu dengan mempergunakan penyiraman air pada titik tersebut. Setelahnya dilakukan pengukuran tahanan pentanahan dengan mempergunakan Digital Earth Resistance Tester 4105 A.

Elektrode pentanahan dalam penelitian ini mempergunakan tembaga pejal (Copper Rod) dengan diameter $5/8$ inchi = 15.89 mm sepanjang 4 m. Copper rod ini ditanam ke dalam tanah mulai kedalaman 1 m dan ditambah 0.5 m pengukuran.

Pada tiap – tiap kedalaman dilakukan pengukuran tahanan pentanahannya dengan mempergunakan alat Digital Earth Resistance Tester 4105 A. Sedangkan spesifikasi alat yang dipergunakan untuk mengukur tahanan pentanahan adalah sebagai berikut:

1. Merk: KYORITSU
2. Jenis: Digital Earth Resistance Tester 4105A
3. Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai tahanan pentanahan yang terukur dengan kemampuan mengukur sampai 1999Ω (ohm). Skema gambar Earth Resistance Tester ini ditunjukkan pada gambar 18.



Gambar 2.18: *Earth Resistance Tester* KYORITSU 4105A

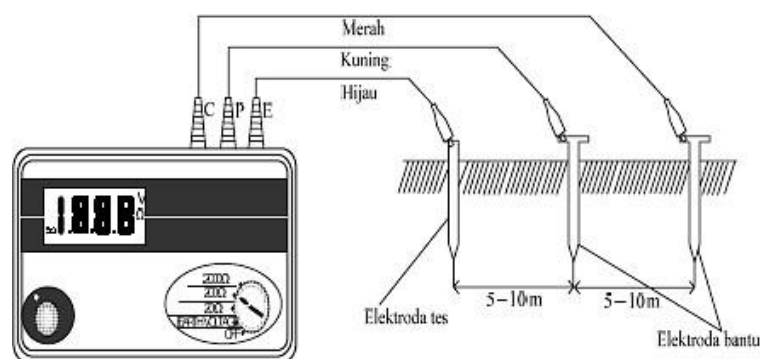
Dimana:

1. LCD penampil nilai ukur
2. Simbol baterai dalam keadaan lemah
3. LED indicator (berwarna hijau)
4. Tombol uji untuk mengunci
5. Terminal pengukuran

2.11.2 Langkah – langkah Pengukuran Tahanan Pentanahan

1. Mempersiapkan elektroda pentanahan dan alat – alat bantu pemasangannya.
2. Dilakukan pengecekan tegangan baterai dengan menghidupkan *Digital Earth Resistance Tester*. Jika layar tampak bersih tanpa simbol baterai lemah berarti kondisi baterai dalam keadaan baik. Jika layar menunjukkan simbol baterai lemah atau bahkan layar dalam keadaan gelap berarti baterai perlu diganti.
3. Membuat rangkaian pengujian seperti pada gambar 2. dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu. Menanam elektroda dengan memukul kepala elektroda menggunakan martil, jika menjumpai lapisan tanah yang keras sebaiknya jangan memaksakan penanaman elektroda
4. Menentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 meter dan maksimal 10 meter.

5. Mengukur tegangan tanah dengan dengan mengarahkan range switch ke earth voltage dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika earth voltage bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Mengecek penghubung atau penjepit pada elektroda utama dan elektroda bantu dengan mensetting range switch ke 2000 Ω dan tekan tombol "PRESS TO TEST". Jika tahanan elektroda utama terlalu tinggi atau menunjukkan simbol ". . ." yang berkedip-kedip maka perlu dicek penghubung atau penjepit pada elektroda utama.
7. Melakukan pengukuran. Mensetting *range switch* ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol "PRESS TO TEST" selama beberapa detik.
8. Mencatat nilai ukur tahanan yang muncul dari *Digital Earth Resistance Tester*.
9. Mengembalikan posisi tombol "PRESS TO TEST" ke posisi awal.
10. Melakukan pengujian tahanan untuk kedalaman elektroda yang berbeda dengan langkah 3, 7, 8, 9.
11. Perubahan kedalaman elektroda utama adalah sebesar 0.5 m pada tiap tiap pengukuran.



Gambar 2.19: Skematik pemasangan elektroda pentanahan dan elektroda bantu untuk proses pengukuran tahanan tanah

2.12 Korosi

Korosi diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap musuh umum masyarakat. 'Karat' (*rust*). Korosi dapat di definisikan sebagai degradasi dari material yang disebabkan oleh reaksi kimia (roberge, 1999). Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Akibat adanya reaksi korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat kearah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang.

Korosi terjadi selain disebabkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia. Selain itu juga terdapat beberapa faktor utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat berlangsung, faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

2.12.1 Jenis Jenis Korosi

Menurut Utomo (2009) berdasarkan bentuk kerusakan yang dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang korosi terbagi menjadi, diantaranya adalah:

1. General / Uniform Corrosion

Merupakan korosi yang terjadi secara menyeluruh dipermukaan. Laju korosi atau kecepatan korosi yang terjadi ini sama di setiap permukaannya. Korosi ini

dapat dicegah dengan menggunakan pelapisan (*coating*) pada permukaan yang terpapar oleh lingkungan.

2. Galvanic Corrosion

Korosi ini terjadi akibat dua logam atau lebih memiliki potensi reduksi (E^0_{red}) yang berbeda baik dihubungkan atau terhubung. Berdasarkan deret volta / deret galvanic, material yang memiliki potensial reduksi yang lebih kecil akan mengalami korosi.

3. Crevice Corrosion

Korosi ini terjadi karena ada celah antara 2 logam sejenis yang digabungkan. Sehingga terbentuk kadar oksigen yang berbeda diantara area di dalam celah dan diluarnya. Sehingga menyebabkan korosi.

4. Pitting Corrosion

Korosi yang terjadi akibat rusaknya lapisan lapisan pasif di satu titik karena pengaruh dari lingkungan korosi. contoh lingkungan tersebut seperti pada air laut.

5. Stress Corrosion Cracking

Korosi yang terjadi karena ada tegangan Tarik pada suatu material di lingkungan korosif. Logam pertama-tama akan terkena korosi pada satu titik, dan kemudian akan terbentuk retakan. Retakan ini akan menjalar dan dapat menyebabkan kegagalan pada komponen tersebut.

6. Corrosion Fatigue Cracking

Korosi terjadi karena adanya beban fatik pada suatu material di lingkungan korosif.

7. Erosion Corrosion and fretting

Korosi ini terjadi karena adanya fluida yang mengalir pada permukaan material. Fluida tersebut dapat berupa *liquid (Erosion Corrosion)* maupun gas (*Fretting Corrosion*) dengan kecepatan tinggi. Karena kecepatan tinggi dari fluida korosif mengalir, terjadi efek keausan mekanis atau abrasi. Lapisan pasif atau *coating* pada permukaan material akan terkikis, sehingga kemungkinan terjadinya korosi semakin besar.

8. Hydrogen Induced Cracking

Korosi terjadi karena ada tegangan internal pada suatu material karena adanya molekul-molekul hydrogen yang berdifusi ke dalam struktur atom logam. Hydrogen dapat terbentuk akibat reduksi H₂O ataupun dari asam.

9. Intergranular Corrosion

Korosi ini terjadi akibat adanya *chrome* pada sekitar batas butir yang membentuk presipitat kromium karbida di atas butir. Kemudian akan terjadi *crack* yang menjalar sepanjang batas butir.

2.12.2 Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British) (Trethewey, 1991). Maka laju korosi dapat juga di hitung dengan metode kehilangan berat atau weight gain loss (WGL), Laju korosi dinyatakan dalam mpy (milli inch per year). Dengan menghitung massa logam yang telah dibersihkan dari oksida dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa awal lalu

dilakukan pada suatu lingkungan yang korosif seperti pada air asam selama waktu tertentu. Setelah itu dilakukan penghitungan massa kembali dari suatu logam setelah dibersihkan logam tersebut dari hasil korosi yang terbentuk dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa akhir. Dengan mengambil beberapa data seperti luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis logam yang di uji maka dihasilkan suatu laju korosi. Persamaan laju korosi dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$\text{Corrosion Rate} = \frac{K \times W}{A \times t \times \rho}$$

Keterangan :

v = laju korosi (mpy)

w = kehilangan berat (g)

ρ = berat jenis (g/cm³)

A = luas sampel (cm²)

t = waktu (jam)

k = Konstanta

Tabel 2.4: Konstanta Perhitungan Laju Korosi Berdasarkan

Satuannya.

<i>Mils per year (mpy)</i>	$3,45 \times 10^6$
<i>Inches per year (ipy)</i>	$3,45 \times 10^3$
<i>Milimeters per year (mm/y)</i>	$8,76 \times 10^4$
<i>Micrometers per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)</i>	$8,76 \times 10^7$

Sumber: British standar treattheway

Jika konstanta pada tabel tersebut tidak digunakan, laju korosi juga dapat dihitung dengan konversi manual. Contohnya, jika logam yang digunakan adalah bajadengan jumlah electron = 2, massa atom = 55,85 g dan berat jenis = 7.88 g cm⁻³, makakonversinya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5: Konversi Perhitungan Laju korosi

	mA cm ⁻²	mm year ⁻¹	Mpy	g m ⁻² day ⁻¹
mA cm ⁻²	1	11.6	456	249
mm year ⁻¹	0.0863	1	39.4	21.6
Mpy	0.00219	0.0254	1	0.547
g m ⁻² day ⁻¹	0.00401	0.0463	1.83	1

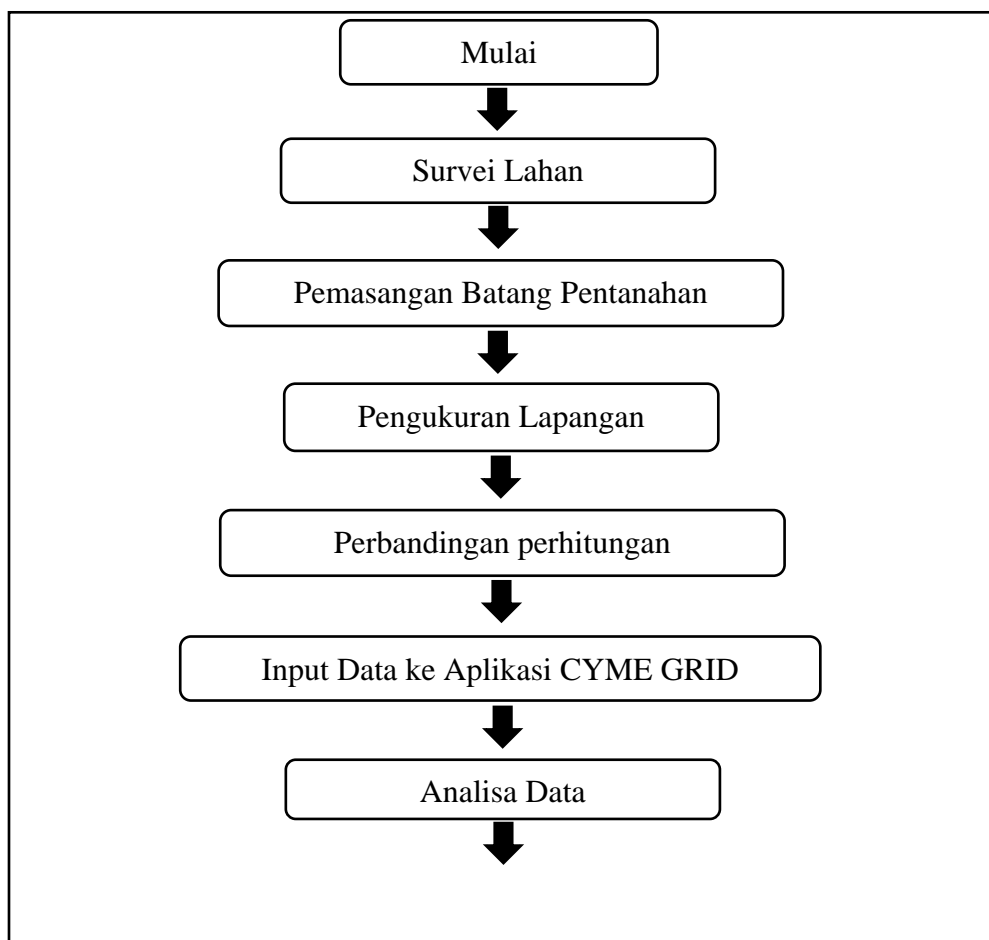
Sumber: British Standart treattheway

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian

Peneliti melakukan studi literatur melalui jurnal-jurnal yang terkait dan buku system pentanahan, setelah itu peneliti melakukan survei dan pengambilan data di Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Provinsi Sumatera Selatan.



Kesimpulan dan Saran

Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pengerjaan penelitian bertempat pada Desa Karang Anyar RT 02 Dusun 2 Jalan Muara Padang Kecamatan Muara Padang Provinsi Sumatera Selatan. Dimana Lokasi yang akan dilakukan penelitian merupakan lahan milik salah satu warga desa air sugihan. Lahan yang ditentukan adalah lahan yang telah diukur PH air dan PH tanahnya. Penelitian kali ini dikhususkan pada lahan rawa asam yang dimana lokasi terpilih adalah lokasi yang memang telah dilakukan seleksi beberapa tempat disekitar kecamatan Sungai Batang.

3.3 Sifat Penelitian

Penelitian ini bersifat penelitian eksperimen dimana penelitian eksperimen adalah metode yang sistematis guna membangun hubungan yang mengandung sebab akibat. Penelitian eksperimen merupakan metode inti dari model penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif. Dalam metode ini peneliti harus melakukan tiga persyaratan yaitu kegiatan mengontrol, kegiatan manipulasi dan obsrvasi.

Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variable lainya dalam kondisi yang terkontrol secara ketat.

3.4 Material dan Alat

Material dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini yaitu:

1. Rod batang besi as diameter 16 mm dengan Panjang 1 meter
2. Rod batang besi lapis galvanis diameter dengan 16 mm Panjang 1 meter
3. Rod batang besi lapis tembaga Visalux diameter 16 mm dengan Panjang 1 meter
4. *Digital earth tester* merk Kyoritsu type 4105A
5. *Soil analyzer tester* merek INSTRUMENT model SPH004
6. PH meter merk PH model PH-02
7. Timbangan Digital merk Taffware Kitchen scale
8. Tang jepit locking plier curve
9. Alat dokumentasi

3.5 Tema Data

Sumber data terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder . Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung (dari tangan pertama) dan data sekunder adalah data yang diperoleh oleh peneliti dari sumber yang sudah ada guna melengkapi kebutuhan data atau sebagai tambahan informasi . Pada umumnya data sekunder berupa bukti catatan, diagram, grafik atau tabel.

3.6 Desain Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini, peneliti menggunakan pendekatan eksperimen yang artinya data yang dikumpulkan bukan berupa dokumen, catatan, memo dan wawancara melainkan peneliti menggunakan data pengukuran langsung pada lokasi pengerjaan. Peneliti juga melakukan pengukuran secara berkala pada kasus yang sedang di teliti.

3.6.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Air Sugihan Kecamatan sungai Batang Kabupaten Ogan Komring ilir Provinsi Sumatera Selatan. Persiapan dalam penelitian dilakukan pada bulan februari 2022 dan mulai penelitian dilakukan pada bulan maret 2022 sampai dengan bulan juni 2022.

3.6.2 Subjek Penelitian

Subjek yang dimaksud dalam penelitian ini adalah dampak batang elektroda besi dan besi lapis pada lahan tanah rawa asam yang dimana rawa asam laju korosinya sangat tidak baik untuk material besi atau metal. Dilakukan pengujian earth tester terhadap elektroda batang yang mengalami korosi dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

3.7 Metode Pengukuran

Metode pengukuran adalah cara mengukur peneliti pada penelitian ini baik untuk pengukuran resistansi maupun laju korosi. Peneliti melakukan pengukuran sebelum mendapatkan lokasi yang tepat untuk dijadikan lokasi tetap untuk penelitian. Dilakukan beberapa riset area pada kecamatan sungai Batang Kabupaten Ogan Komring ilir Provinsi Sumatera Selatan.

3.7.1 Pengukuran pemilihan lahan

Sebelum menentukan lahan permanen untuk penelitian, peneliti melakukan pengukuran PH air pada lahan lahan di sekitar kecamatan sungai batang. PH air yang dibutuhkan harus dengan tingkat keasaman yang tinggi agar laju korosi dapat terjadi dengan cepat.

Setiap lahan yang peneliti temui akan dilakukan pengukuran PH air

menggunakan PH meter, jika PH air berada pada posisi dibawah 5 Mg/l maka akan dilakukan pengukuran resistansi batang rod besi pada kedalaman 1 meter untuk sample sementara. Resistansi yang paling besar akan menjadi tempat lokasi penelitian yang sebenarnya. Sementara jika pengukuran PH meter lebih dari 5Mg/l maka tidak perlu dilakukan sample pengukuran resistansi batang pentanahan.

3.7.2 Pengukuran Resistansi Batang Pentanahan

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui resistansi batang pentanahan pada pemelihan lahan atau pengambilan data pada batang pentanahan yang mengalami korosi saat penelitian.

Pengukuran resistansi batang pentanahan menggunakan alat *Digital earth tester* merk Kyoritsu type 4105A. Pada pengukuran resistansi batang pentanahan saat pemilihan lahan hanya menggunakan 1 material batang saja sedangkan untuk batang pentanahan yang akan dilakukan penelitian menggunakan 3 jenis batang pentanahan. Adapun batang pentanahan yang digunakan adalah batang pentanahan besi, batang pentanahan besi lapis galvanis dan batang pentanahan besi lapis tembaga. Untuk penelitian ini, peneliti hanya menggunakan pengukuran batang pentanahan pada kedalaman 1 meter saja.

Waktu pengukuran dilakukan disetiap minggu agar dapat mengetahui perubahan resistansi pada tiap minggumya. Sebelum melakukan pengukuran resistansi, peneliti melakukan pengukuran PH air, PH tanah, Kedalaman air dan cuaca yang ada dilokasi penelitian.

3.7.3 Pengukuran Korosi

Pengukuran korosi dilakukan menggunakan rumus dan secara manual dengan metode menimbang berat batang pentanahan sebelum dimasukkan kedalam tanah dan menimbang Kembali setelah batang pentanahan telah dikeluarkan dari dalam tanah selama waktu yang telah ditentukan.

Timbangan digital yang digunakan adalah timbangan untuk roti yang dimana divison / keakuratannya 1 gram agar bisa lebih optimal dalam pengukuran berat pada batang pentanahan. Sebelum batang pentanahan ditanamkan kedalam tanah, data berat batang pentanahan harus disimpan lebih dahulu agar dapat membandingkan susut berat akibat korosi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil observasi dan eksperimen penanaman elektroda batang di kedalaman 1 meter didapatkan nilai resistansi sebesar 25 Ω dengan menggunakan elektroda batang jenis besi AS hampir menyamai hasil resistansi pertanahan dengan metode perhitungan yaitu sebesar 24.91 Ω . Resistivitas tanah terbesar sebesar 40 Ω dan nilai terkecil 33,64 Ω dengan menggunakan metode U.Dewight. Kemudian jika menggunakan metode wanner didapatkan hasil sebesar 211,01 Ω dan nilai terkecil 175,42 Ω .

Setelah menggunakan simulasi CYME Grid dengan memasukkan parameter parameter yang telah ditentukan maka didapatkan hasil *ground potensial rise* dengan arus gangguan sebesar 25 Ampere sebesar 1204. 88 volt.

Rod berbahan besi lapis galvanis mengalami penurunan bobot paling banyak dan rod besi as penurunannya yang paling sedikit Setelah dilakukan penelitian untuk laju korosi pada material batang rod selama 3 bulan dengan metode *weight gain loss* (WGL) dan rumus laju korosi.

5.2 Saran

Perlunya penelitian lanjutan dilahan rawa dengan menggunakan elektroda batang di kedalaman dan jenis elektroda yang berbeda, diharapkan nantinya mendapatkan informasi lebih banyak mengenai resistansi pertanahan dan

resistivitas tanah pada lahan rawa sehingga mendapatkan pertanahan dengan kontruksi yang ideal.

Untuk laju korosi perlu dilakukan penanaman rod lanjutan dengan waktu yang lebih lama agar dapat memastikan material mana yang lebih baik pada rawa asam.

BAB VI

DAFTAR PUSTAKA

1. Yani, A. (2011). Grounding Sistem Dalam Distribusi Tenaga Listrik 20 Kv. *Elektro*, 10(1), 7–11.
2. Hermansyah. (2019). Evaluasi Keandalan Sistem Grounding Pada Instalasi. *Jurnal Ilmiah d'Computare Volume 9 Edisi Juli 2019 EVALUASI*, 9.
3. Larsson, S. (2018). Grounding as a Side-Effect of Grounding. *Topics in Cognitive Science*, 10(2). <https://doi.org/10.1111/tops.12317>
4. Chandu, K. R., Bisk, Y., & Black, A. W. (2021). Grounding “Grounding” in NLP. *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL-IJCNLP 2021*. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.findings-acl.375>
5. Azmi, A., Ahmad, N. A., Yiew, L. K., & Abdul-Malek, Z. (2019). The use of enhancement material in grounding system: A review. In *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* (Vol. 13, Issue 2). <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v13.i2.pp453-460>
6. Sugiharto, A. (2019). Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 9.
7. Santoso, A., Herawati, A., & Handayani, Y. S. (2020). Analisis Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Gedung Lembaga Pemasarakatan Kelas IIA Bengkulu. *JURNAL AMPLIFIER : JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER*, 10(2). <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v10i2.15320>

8. Riyanto. (2021). Analisis Perancangan Sistem Pentanahan Grid Secara Optimal Pada Sistem Tenaga Listrik. *Jurnal Teknik ...*, 10(01).
9. Bab II. (2017). *SSistem Pentanahan*.
[http://repository.unsada.ac.id/2200/3/Bab II.pdf](http://repository.unsada.ac.id/2200/3/Bab%20II.pdf)
10. dhian wijaya, puji. (2015). Analisa laju korosi. *JURNAL TEKNIK ITS*, 4(1).
11. Hutaaruk, F. Y. (2017). Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia. *Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya*.
12. Ashadi, H. W., & Krisnadi Wicaksono, A. (n.d.). *PENGARUH UNSUR-UNSUR KIMIA KOROSIF TERHADAP LAJU KOROSI TULANGAN BETON : I. DI DALAM AIR RAWA*.

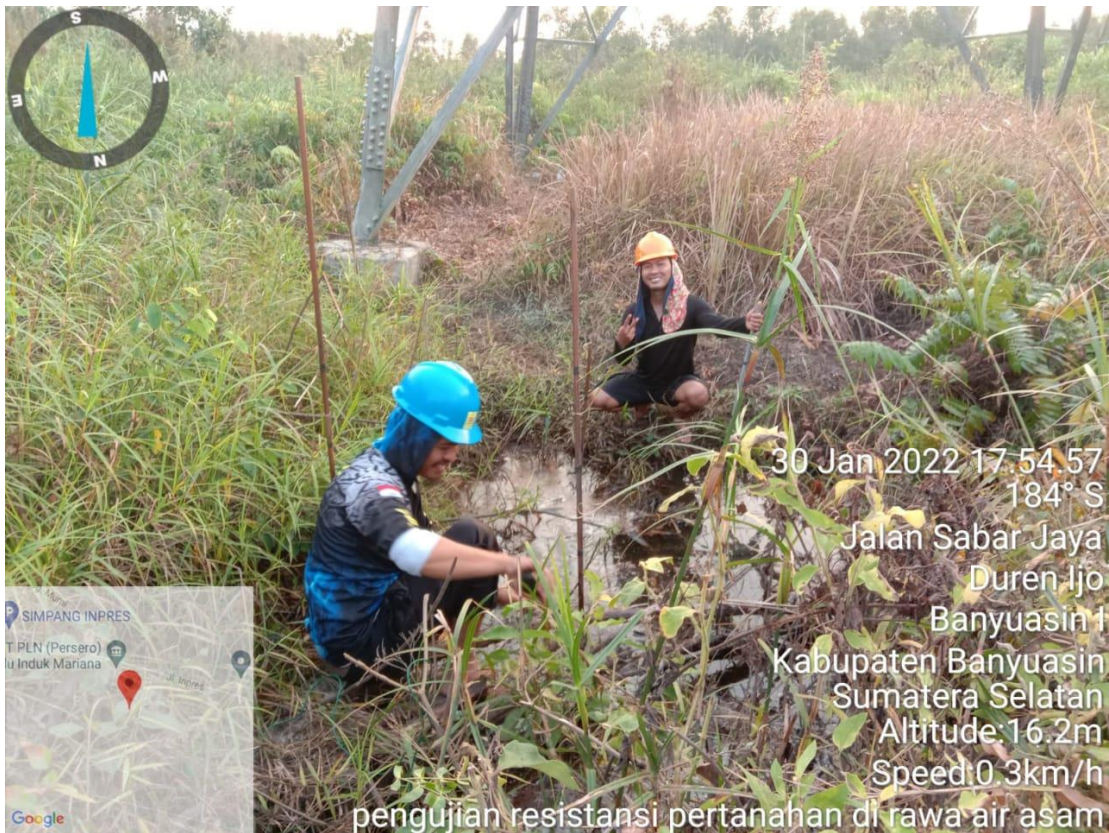
LAMPIRAN

➤ Photo persiapan Bahan material Penelitian





➤ Pemilihan Lokasi Penelitian





➤ Meeting Progres Penelitian





➤ Penelitian





