

**PENGARUH BENTONIT DAN NaCl TERHADAP NILAI RESISTANSI
PENTANAHAN DENGAN VARIASI BATANG ELEKTRODA**

(Skripsi)

Oleh

DIAN ARMANDA SAHALA



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

ANALYSIS OF BENTONITE AND NaCl AS THE ADDITIVE SUBSTANCE FOR REDUCING GROUNDING RESISTANCE WITH VARIANTION OF ELECTRODES

By

DIAN ARMANDA SAHALA

The grounding system is used as safety system for electrical devices and human in the event of internal disturbances such as over voltage, short circuit, over load and external disturbances such as lightning strike on electrical equipment. Grounding resistance value is directly related with soil resistivity which is affected by several factors such as soil structure, temperature, humidity, and chemical substance. This research was conducted to analyze the difference of grounding resistance due to addition of bentonite and NaCl. The aim of this research is to analyze the grounding resistance refinement of the soil with and without bentonite and NaCl as the additive substance. The results show the value of grounding resistance with additive addition is lower than without additive addition. Additive addition reduce the grounding resistance value up to 52% for NaCl, up to 72% for bentonite and up to 76% for mix of bentonite and NaCl.

Keyword: grounding resistance system, grounding resistance, soil resistivity, bentonite, NaCl

ABSTRAK

PENGARUH BENTONIT DAN NaCl TERHADAP NILAI RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN VARIASI BATANG ELEKTRODA

Oleh

DIAN ARMANDA SAHALA

Sistem pentanahan digunakan sebagai sistem pengamanan bagi perangkat listrik dan manusia apabila terjadi gangguan internal seperti tegangan lebih (*over voltage*), hubung singkat, beban lebih (*over load*) dan gangguan eksternal seperti petir pada peralatan listrik. Nilai tahanan pentanahan dipengaruhi oleh besarnya nilai tahanan jenis tanah. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah antara lain yaitu struktur tanah, temperatur, pengaruh kandungan air (kelembaban), dan pengaruh kandungan kimia dalam tanah. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis nilai tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa Bentonit dan NaCl dengan variasi elektroda batang tunggal dan ganda. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perubahan besaran nilai tahanan pentanahan yang ditambahkan zat aditif dengan tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif. Hasil penelitian menunjukkan nilai tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif memiliki nilai tahanan pentanahan yang lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan zat aditif. Penambahan zat aditif dapat menurunkan nilai tahanan pentanahan hingga 52% untuk NaCl, 72% untuk bentonit dan 76% untuk campuran bentonit dan NaCl.

Kata kunci : *sistem pentanahan, tahanan pentanahan, tahanan jenis tanah, bentonit, NaCl*

**PENGARUH BENTONIT DAN NaCl TERHADAP NILAI
RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN VARIASI
BATANG ELEKTRODA**

Oleh

DIAN ARMANDA S.P. TUMANGGOR

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH BENTONIT DAN NaCl TERHADAP NILAI RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN VARIASI BATANG ELEKTRODA**

Nama Mahasiswa : Dian Armanda Sahala P. Tumanggor

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031026

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

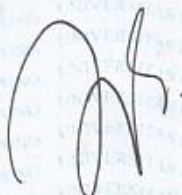


Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T.
NIP : 19711130 199903 1 003



Dr. Henry B.H. Sitorus, S.T., M.T.
NIP : 19720923 200012 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP : 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Herman Halomoan S, S.T.,M.T.

H. Halomoan
.....

Sekretaris : Dr. Henry B.H. Sitorus, S.T., M.T.

H. Sitorus
.....

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.

Diah Permata
.....



Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno
Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Januari 2018

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain, kecuali tertulis dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, Februari 2018



Dian Armanda Tumanggor
NPM.1315031026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 22 Desember 1994. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Marolop Tumanggor dan Ibu Ermas Sirait yang diberi nama Dian Armanda Sahaala Parlindungan Tumanggor.

Mengenai riwayat pendidikan penulis, penulis lulusan Sekolah Dasar (SD) di SD Xaverius 3 Bandar Lampung pada tahun 2007, lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Xaverius 4 Bandar Lampung pada tahun 2010, lulusan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 9 Bandar Lampung pada tahun 2013. dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung (Unila) pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan Organisasi Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Fakultas Teknik sebagai anggota divisi hubungan masyarakat periode 2014-2015, kepala divisi sosial periode 2015-2016 dan ketua Forum Komunikasi Mahasiswa Kristiani (FKMK-FT). Penulis juga pernah melakukan Kerja Praktek (KP) selama 30 hari di Perusahaan PT. PLN dengan mengambil judul “Rele Diferensial Sebagai Proteksi *Unit Auxiliary Transformer* Pada PT.PLN sektor 3 dan 4”.

KUPERSEMBAHKAN SEBUAH KARYA INI
UNTUK,

BAPAK DAN MAMA TERCINTA,

BAPAK M. TUMANGGOR

IBU ERMAS SIRAIT

ADIK-ADIK TERSAYANG,

BACHTIAR ELIANTO TUMANGGOR

CHRISTIAN PARSAORAN TUMANGGOR

MOTTO

“Karena itu, saudara-saudara demi kemurahan Allah aku menasihatkan kamu, supaya kamu mempersembahkan tubuhmu sebagai persembahan yang hidup, yang kudus dan yang berkenan kepada Allah: itu adalah ibadahmu yang sejati.”

(Roma 12:1)

“Hidup adalah Kristus dan mati adalah keuntungan”

“Jika tujuan hidup adalah melayani Tuhan, mengapa tujuan hidupmu bercabang?”

Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan percayalah kepada-Nya, dan Ia akan bertindak;”

(Mazmur 37:5)

SANWACANA

Segala puji syukur hanya kepada Tuhan Yesus Kristus karena kasih karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir dan menuangkannya dalam bentuk laporan.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “ Pengaruh Bentonit Dan NaCl Terhadap Nilai Resistansi Penatanahan Dengan Variasi Batang Elektroda“ yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T.,M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing Utama. Terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.

4. Ibu Dr. Henry B.H. Sinaga, M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas waktu dan bimbingannya selama mengerjakan tugas akhir.
5. Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi.
6. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya. Terima kasih atas bimbingannya dalam kuliah dan motivasi.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan
8. Mbak Ning beserta jajaran staff Jurusan Teknik Elektro
9. Bapak dan mama tersayang yang selalu membimbing, mendukung dan mengasihi penulis. Terima kasih sudah berhasil menjadi orang tua yang sangat baik dan mengajarkan tentang kasih.
10. Magdalena Kusuma Wardani sebagai pasangan yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasihat, dan doa yang tak henti-hentinya diberikan selama ini.
11. Teman teman FKMK khususnya pengurus 17 G yang telah memberikan masukan, dukungan, serta membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
12. Bang Yeremia Luhur, Frian, Andreas, Mariyo, dll yang telah membantu dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga kita semua selalu sukses dan selalu takut dengan Tuhan.
13. Jojo yang telah membantu membuat lubang pentanahan dan proses penelitian ini.
14. Andika Wicaksono, Bayu, Marwan sebagai teman dalam mengerjakan Tugas akhir dan membantu dalam proses penelitian dan pengukuran di lab.

15. Seluruh teman-teman Teknik Elektro angkatan 2013 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang kalian semua berikan kepada penulis, mulai penulis masuk kuliah hingga penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini, terima kasih atas tenggang rasa, rasa saling menghormati dan nilai kehidupan yang kalian berikan.
16. Teman-teman alumni SMAN 9 angkatan 2013 telah mendo'akan penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini
17. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga Tuhan Yesus membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini

Bandarlampung, Februari 2018

Penulis,

Dian Armanda Tumanggor

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| | |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 2 |
| C. Manfaat Penelitian | 3 |
| D. Rumusan Masalah | 3 |
| E. Batasan Masalah | 4 |
| F. Hipotesis | 4 |
| G. Sistematika Penulisan | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| Landasan Teori | 7 |
| 2.1 Sistem Pentanahan | 7 |
| 2.2 Elektroda Pentanahan | 9 |
| 2.3 Metode Penanaman Elektroda | 12 |
| 2.4 Bagian-bagian yang ditanahkan | 14 |

| | |
|---|----|
| 2.5 Tahanan jenis tanah | 15 |
| 2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah | 15 |
| 2.7 Pengukuran Tahanan Pentanahan | 16 |
| 2.8 Bentonit | 17 |
| 2.9 NaCl | 20 |

III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| A. Tempat dan Waktu Penelitian | 21 |
| B. Alat dan Bahan | 21 |
| C. Pelaksanaan Penelitian | 22 |
| 1. Studi Literatur | 22 |
| 2. Pengumpulan alat dan bahan | 23 |
| 3. Rancangan Pengujian | 23 |
| 4. Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan | 25 |
| D. Diagram Alir | 28 |

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| A. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan | 30 |
| B. Analisis Data | 48 |
| C. Persentase Perubahan Tahanan Pentanahan | 51 |

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---------------------|----|
| A. Kesimpulan | 55 |
| B. Saran | 56 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

| Tabel | | Halaman |
|-------|---|---------|
| 3.1 | Spesifikasi Kyoritsu Digital Earth Tester Model 4105A | 26 |
| 4.1 | Perbandingan Data Hasil Tahanan Pentanahan Bentonit | 30 |
| 4.2 | Perbandingan Data Hasil Tahanan Pentanahan NaCl | 35 |
| 4.3 | Perbandingan Data Hasil Tahanan Pentanahan Campuran | 40 |
| 4.4 | Perbandingan Data Hasil Pengukuran Kelembaban | 44 |
| 4.5 | Perbandingan Data Hasil Tahanan Pentanahan Seluruhnya | 48 |
| 4.6 | Perbandingan Data Hasil Tahanan Pentanahan tanah | 52 |
| 4.7 | Persentase Perubahan Tahanan Pentanahan | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | | Halaman |
|--------|---|---------|
| 1 | Elektroda Batang | 10 |
| 2 | Elektroda Pita | 11 |
| 3 | Elektroda Pelat | 12 |
| 4 | Pengukuran Tahanan Pentanahan dengan Metode Tiga Titik | 17 |
| 5 | Bentonit | 18 |
| 6 | Stuktur Monmorillonit | 19 |
| 7 | Pengukuran Pentanahan dengan Kyoritsu Model 4105A | 26 |
| 8 | Skematik Pengukuran dengan Menggunakan Bentonit | 27 |
| 9 | Diagram Alir Penelitian | 28 |
| 10 | Grafik Perbandingan Resistansi Pentanahan menggunakan Bentonit | 34 |
| 11 | Grafik Perbandingan Resistansi Pentanahan menggunakan NaCl | 38 |
| 12 | Grafik Perbandingan Resistansi Pentanahan menggunakan Campuran . | 43 |
| 10 | Grafik Perbandingan Nilai Kelembaban Seluruhnya | 47 |
| 11 | Grafik Perbandingan Resistansi Pentanahan Seluruh Objek | 50 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pentanahan digunakan sebagai sistem pengamanan bagi perangkat listrik dan manusia apabila terjadi gangguan internal seperti tegangan lebih (*over voltage*), hubung singkat, beban lebih (*over load*) dan gangguan eksternal seperti petir pada peralatan listrik. Sistem pentanahan merupakan salah satu bagian penting yang harus diperhatikan sebagai pengaman dan menjaga keandalan pada operasi sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan sebagai pengaman berfungsi mencegah kerusakan peralatan listrik, menyalurkan energi sambaran petir ke tanah dan memperkecil kemungkinan seseorang terkena dampak gangguan listrik. Sistem pentanahan yang baik dan efektif dapat meminimalkan atau bahkan dapat menghindari kerugian yang mungkin timbul oleh gangguan-gangguan yang ada. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, dengan adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat dengan cepat dialirkan kedalam tanah dan disebarkan ke segala arah.

Sistem pentanahan harus memiliki tahanan jenis tanah yang relatif kecil. Semakin kecilnya nilai tahanan pentanahan tersebut maka arus gangguan yang timbul pada sistem dapat dengan cepat tersebar merata ke dalam tanah. Beberapa faktor yang

mempengaruhi nilai tahanan pentanahan antara lain tahanan jenis tanah, elektroda pentanahan yang digunakan dan kedalaman lubang pentanahan. Pengaruh kelembaban tanah terhadap nilai tahanan pentanahan adalah semakin besar kelembaban tanah maka nilai tahanan pentanahan akan semakin kecil. Kelembaban tanah dapat dibuat dan dijaga dengan pemberian zat aditif yang bersifat menyerap atau adsorpsi terhadap cairan dan gas. Zat aditif tersebut dapat berupa gipsum, serbuk arang, zeolit, dan bentonit. Selain itu pengaruh kadar garam tanah juga dapat dimaksimalkan dengan cara menggunakan NaCl, CaCO₃, KNO₃, K₂CO₃, NA₃PO₄, dan NH₄Cl.

Pada penelitian ini, sistem pentanahan menggunakan elektroda pentanahan jenis batang tunggal dan ganda dengan penambahan zat aditif bentonit dan NaCl. Metode penambahan zat aditif dilakukan dengan memvariasikan jumlah penambahan bentonit yang dikomposisikan dengan tanah sebagai upaya memperbaiki tahanan sistem pentanahan. Melalui metode penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat membandingkan pengaruh komposisi bentonit dengan tanah untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal dengan elektroda batang ganda sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan atau pemasangan sistem pentanahan.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penambahan bentonit pada sistem pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal dan ganda terhadap nilai tahanan pentanahan.

2. Menganalisis pengaruh penambahan NaCl pada sistem pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal dan ganda terhadap nilai tahanan pentanahan.
3. Mengetahui pengkomposisian zat aditif bentonit dan NaCl yang paling baik dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal dan ganda.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan zat aditif bentonit dan NaCl dapat menurunkan tahanan pentanahan jauh lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan zat aditif.
2. Dapat mengetahui pengaruh dari sistem pentanahan dengan elektroda batang tunggal dan ganda terhadap zat aditif dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan nilai tahanan pentanahan jika diberikan zat aditif bentonit dan NaCl pada sistem pentanahan dengan elektroda batang tunggal atau ganda?
2. Bagaimana perbandingan nilai tahanan pentanahan jika menggunakan elektroda batang tunggal dan ganda?

E. Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Metode pentanahan yang digunakan adalah metode *driven rod* atau batang tunggal dengan panjang 1 meter dan metode batang ganda.
2. Metode pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode 3 titik (*three point method*).
3. Penelitian ini dilakukan pada tanah dengan diameter lubang pentanahan sebesar 10 cm.
4. Proses kimiawi dari bentonit dan NaCl tidak dibahas secara terperinci.
5. Pengaruh kadar garam dan pH tidak dibahas secara detail.

F. Hipotesis

Nilai tahanan pentanahan dapat diturunkan dengan menggunakan zat aditif yang memiliki sifat penyerapan atau *adsorpsi* yang baik terhadap zat yang bersifat konduktif yang ada di sekitarnya dan dapat mempertahankan air yang telah diserapnya. Pada penelitian ini zat aditif yang dipilih untuk menurunkan tahanan pentanahan adalah bentonit dan NaCl. Zat aditif bentonit dan NaCl digunakan sebagai bahan untuk menimbun lubang pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal dan elektroda batang ganda. Penambahan zat aditif yang memiliki karakteristik adsorpsi akan menyerap dan mempertahankan zat-zat di sekitarnya sehingga akan mempertahankan kelembaban pada tanah tersebut. Variasi elektroda batang pentanahan tunggal dan ganda yang digunakan akan dibandingkan sehingga didapatkan data hasil pengaruh komposisi bentonit dan NaCl terhadap penurunan nilai tahanan pentanahan.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini, terdiri dari lima bab dengan perincian sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab I akan menjelaskan mengenai latar belakang masalah beserta penyelesaiannya. Pada latar belakang ini menjelaskan tugas akhir secara umum tentang perbaikan tahanan pentanahan dengan bentonit dan NaCl. Setelah itu juga pada bab ini berisi tentang tujuan, manfaat, batasan masalah, perumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II ini menjelaskan mengenai teori-teori dasar yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III ini menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam proses penelitian sampai tahap pengujian tahanan pentanahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi hasil dari pengujian yang telah dilakukan dan analisis hasil dari pengujian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V merupakan kesimpulan dari hasil penelitian secara keseluruhan dan kemudian diberikan saran-saran yang perlu dipertimbangkan dalam upaya pengembangan mengenai penelitian ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Kumpulan literatur yang dijadikan sebagai sumber bahan acuan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Data-data perhitungan serta keterangan-keterangan lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pentanahan (*grounding system*) mempunyai peranan yang penting sebagai sistem pengamanan bagi perangkat – perangkat dengan sumber tenaga listrik terhadap gangguan internal seperti tegangan lebih (*over voltage*), hubung singkat, beban lebih (*over load*) dan gangguan eksternal seperti petir pada peralatan listrik. Sistem pentanahan sebagai pengamanan berfungsi memperkecil kemungkinan seseorang terkena dampak gangguan listrik terganggan sentuh dan tegangan langkah baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah. Sistem pentanahan juga berguna sebagai titik untuk menyalurkan energi sambaran petir dan surja hubung ke tanah, sehingga kerusakan peralatan dapat dihindari. Sistem pentanahan yang baik dan efektif dapat meminimalkan atau bahkan dapat menghindari kerugian yang mungkin timbul oleh gangguan-gangguan yang disebut di atas.

2.1 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus dan tegangan lebih. Ketika terjadi gangguan pada peralatan listrik, sistem

pentanahan akan mengalirkan arus gangguan secara cepat ke dalam tanah dan disebarkan ke segala arah [1].

Menurut **IEEE Std 142TM-2007**, tujuan dari sistem pentanahan yaitu:

- a. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
- b. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutus suplai tegangan dari konduktor tersebut [2].

Sistem pentanahan yang baik harus memiliki nilai tahanan yang sekecil mungkin. Nilai tahanan sistem pentanahan dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti tahanan jenis tanah, kelembaban, temperatur, dimensi konduktor dan juga dipengaruhi kedalaman penanaman konduktor. Suatu sistem pentanahan membutuhkan elektroda pentanahan yang ditanam dalam tanah sehingga akan membuat kontak langsung dengan tanah dan hantaran penghubung yang tidak terisolasi yang ikut ditanam dalam tanah dianggap sebagai elektroda batang pentanahan [1].

Salah satu fungsi sistem pentanahan adalah menyalurkan arus lebih ke tanah sehingga peralatan listrik tidak mengalami kerusakan. Kerugian yang ditimbulkan akibat sistem pentanahan yang tidak memenuhi standar dapat mengakibatkan cedera pada manusia dan kerugian material yang cukup besar [3].

Berikut ini adalah beberapa organisasi mengeluarkan rekomendasi dan standar untuk sistem pentanahan sebagai proteksi seperti ANSI (*American National*

Standard Institute), NEC (*National Electric Code*), TIS (*Telecommunications Industry Standard*) dan IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

2.2 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan merupakan bagian yang berhubungan langsung dengan tanah pada sistem pentanahan. Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, sistem pentanahan akan langsung mengalirkan arus gangguan ketanah dan disebarkan ke segala arah. Arus gangguan ini menimbulkan gradien tegangan antara peralatan dengan peralatan dan peralatan dengan permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah. Hal ini sangat dipengaruhi oleh sistem pentanahan yang memiliki elektroda batang yang terbuat dari logam seperti tembaga dikarenakan memiliki konduktivitas yang tinggi dan harga yang murah [4].

Jenis-jenis elektroda pentanahan yang biasa digunakan pada sistem pentanahan adalah sebagai berikut:

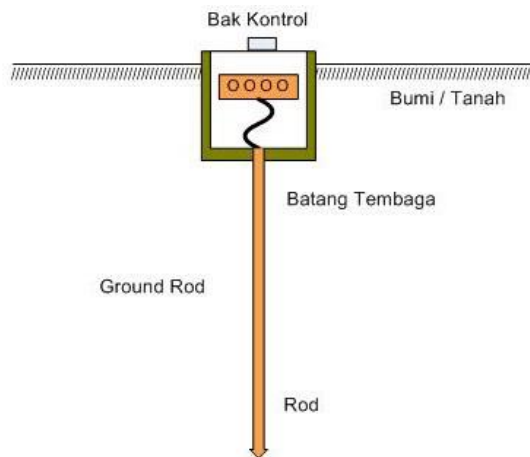
a. Elektroda Batang

Elektroda batang terbuat dari batang logam atau dari besi dilapisi tembaga yang ditancapkan ke dalam tanah dan salah satu ujungnya lancip serta dilengkapi dengan klem dan baut klem yang mampu menjepit penghantar. Dalam penggunaannya, jumlah dan ukuran elektroda dapat dipilih dan disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang dibutuhkan [1].

Jika membutuhkan nilai pentanahan tahanan yang lebih rendah maka dapat dilakukan hubungan paralel dari beberapa batang elektroda. Elektroda jenis

ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis penanamannya, elektroda jenis ini hanya dipancangkan ke dalam tanah [4].

Elektroda batang dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan tahanan pembumian yang diperlukan. Tahanan pembumiannya sebgaiian besar tergantung pada panjang dan ukuran penampangnya. Jika beberapa elektroda diperlukan untuk memperoleh tahanan pembumian yang rendah, jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode harus dua kali panjang efektifnya [5,6].

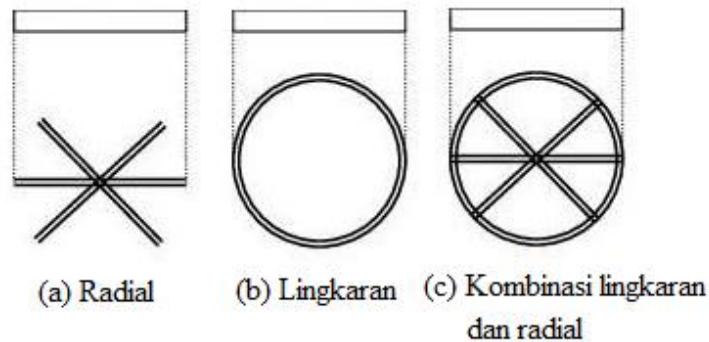


Gambar 2.1 Elektroda Batang

b. Elektroda pita

Elektroda pita merupakan elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Penelitian yang dilakukan oleh Sonia Tomaskovicova (2016) mengatakan bahwa pemancangan menggunakan elektroda pita memiliki masalah apabila mendapati lapisan-lapisan tanah yang berbatu dan untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga

bermasalah. Metode lain dari pemancangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horizontal). Elektroda ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, atau kombinasi dari bentuk tersebut [7].



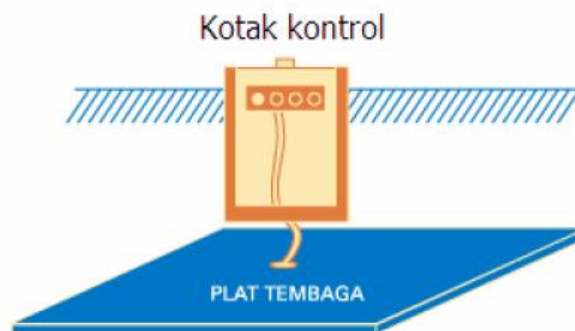
Gambar 2.2 Elektroda Pita

c. Elektroda Pelat

Elektroda pelat ialah elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam kedalam tanah secara menyeluruh. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda lain. Penelitian yang dilakukan oleh Sonia Tomaskovicova (2016) memiliki kesimpulan bahwa luas pelat yang harus dipergunakan tergantung dari besarnya tahanan pentanahan yang diperlukan. Jika dilakukan hubung paralel dari beberapa pelat ini jarak pelat sekurang kurangnya 3 meter [6].

Perbedaan elektroda plat dengan elektroda batang adalah bentuknya yang lempeng berlubang dengan bentuk seperti lingkaran ataupun bentuk lainnya. Pelat tersebut ditanam secara tegak lurus di dalam tanah sekurang-

kurangnya 1.5 meter di bawah permukaan tanah terhadap tepi atas yang ditanam. Penggunaan dari elektroda pelat ini kurang ekonomis karena untuk mencapai tahanan pentanahan yang sama dengan elektroda batang, elektroda pelat memerlukan lebih banyak bahan bila dibandingkan dengan elektroda pita atau elektroda batang [6].



Gambar 2.3 Elektroda Plat

2.3 Metode Penanaman Elektroda

Metode penanaman elektroda pentanahan yang secara umum dilakukan ada 3 yaitu:

a) Sistem pentanahan *driven rod*

Sistem pentanahan *driven rod* merupakan suatu sistem penanaman elektroda batang (*rod*) secara tegak lurus dengan tanah, dimana arus lebih akan mengalir dari elektroda tersebut ke tanah disekitarnya. Penelitian yang dilakukan oleh IGN Junardana (2005) tentang Perbedaan penambahan NaCl dan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal tipe rod. Penelitian ini dilakukan pada jenis tanah lempung di padang Sambian,

Denpasar, Bali. Hasil dari penelitian tersebut berhasil menurunkan tahanan pentanahan hingga 3 ohm [5].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Blattner (1995) dan Wiwik Purwanti Widianingsih (2011) tentang perbaikan tahanan pentanahan. Penelitian tersebut menjelaskan jika semakin dalam batang elektroda ditanamkan maka akan semakin menurunkan tahanan pentanahannya [1,8].

Nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan *driven rod* dapat dicari dengan menggunakan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \left[\ln \left(\frac{4l}{\alpha} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (1)$$

dengan

ρ = tahanan jenis tanah (ohm)

π = 3.14 atau $\left(\frac{22}{7}\right)$

l = panjang elektroda (m)

α = jari-jari elektroda (m)

b) Sistem pentanahan grid

Sistem pentanahan grid biasanya digunakan untuk menhdapatkan nilai impedansi pentanahan yang kecil dan untuk mendapatkan distribusi gradient tegangan yang lebih merata di sekitar pentanahan sehingga manusia atau yang berada disekitar lebih aman dari bahaya tegangan langkah [9].

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Dimana:

P = tahanan jenis rata-rata tanah (Ohm-meter)

L = panjang konduktor yang ditanam, termasuk batang pengetanahan (m)

c) Sistem pentanahan counterpoise

Sistem pentanahan counterpoise adalah dengan menanam elektroda beberapa puluh centimeter dan ditanam posisi sejajar dengan permukaan tanah dan direntangkan menjauhi sistem yang dilindungi [4].

2.4 Bagian-bagian yang Ditanahkan

Bagian-bagian yang harus ditanahkan adalah :

1. Peralatan listrik yang dalam keadaan normal tidak dialiri arus listrik tetapi berpotensi teraliri arus listrik saat terjadi gangguan.
2. Bagian bawah arrester agar arus yang ditimbulkan petir dapat dialirkan ke tanah.
3. Kawat tanah yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat tanah ini berada di sepanjang saluran transmisi, semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat tanah dapat disalurkan ke tanah melalui kaki tiang saluran transmisi.
4. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Tujuan dari pengetanahan titik netral adalah untuk membatasi besar arus gangguan tanah dan tegangan dari fasa-fasa yang tidak terganggu pada sistem yang terdiri dari generator dan transformator. Pemilihan metode pengetanahan yang tepat dapat menghindarkan kerusakan pada peralatan sistem tenaga serta menghindarkan bahaya bagi keselamatan personil operasi dan pemeliharaan [4].

2.5 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah adalah sebuah faktor keseimbangan antara tahanan tanah dan kapasitansi disekitarnya yang di representasikan dengan ρ (rho) dalam sebuah persamaan matematik [9].

Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = 2\pi \alpha R_t$$

dimana: ρ = Tahanan jenis rata-rata tanah (ohm-meter)

α = Jarak antara batang elektroda yang terdekat (meter)

R_t = Tahanan tanah terukur (ohm)

Penelitian yang dilakukan oleh Blattner (1980) mempunyai kesimpulan untuk memperoleh harga tahanan jenis tanah yang akurat diperlukan pengukuran secara langsung pada lokasi karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan. Pada suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis tanah yang mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda (*non uniform*) [1].

2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain:

a. Kadar garam tanah

Kadar garam tanah memiliki pengaruh terhadap tahanan jenis tanah. Didaerah dengan kondisi tingkat curah hujan tinggi, biasanya memiliki tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada tanah lapisan atas. Penelitian yang dilakukan Deni Rhamdani (2008) dan Linda Pasaribu (2011) mengenai analisa pengaruh kadar garam terhadap

tahanan pentanahan tanah menyimpulkan semakin tinggi kadar asam pada lapisan tanah permukaan, maka tahanan jenisnya semakin rendah [10, 11].

b. Pengaruh kandungan air (kelembaban)

Kelembaban tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah. Semakin lembab kadar air pada lapisan tanah maka tahanan jenisnya akan semakin rendah. Penelitian yang dilakukan Deni Rhamdani (2008) dan Linda Pasaribu (2011) mengenai kelembaban terhadap tahanan pentanahan tanah menyimpulkan semakin lembab kondisi tanah maka tahanan tanah akan semakin kecil [10, 11].

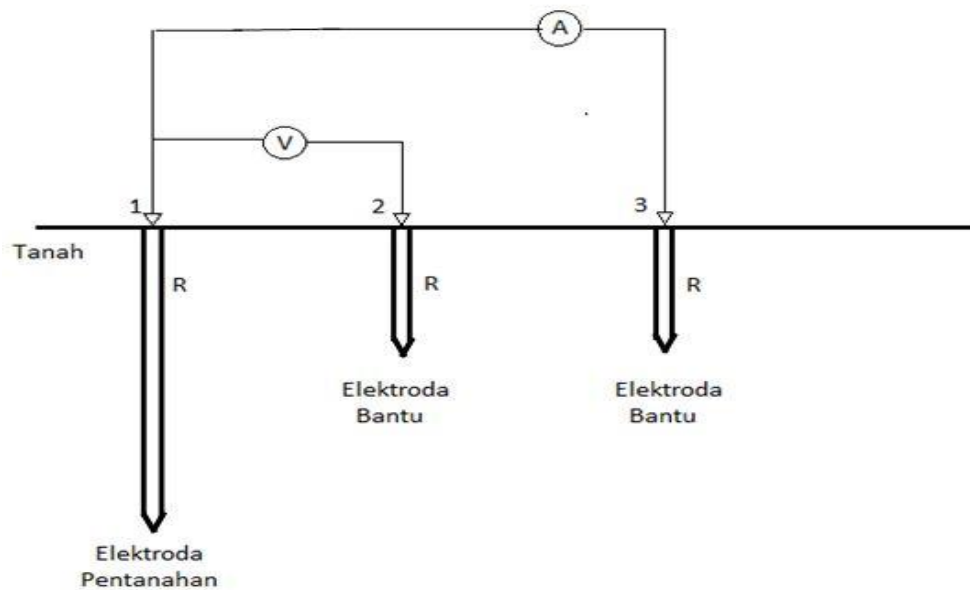
c. Pengaruh Temperatur

Temperatur memiliki pengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah. 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 sehingga tahanan jenis tanah meningkat. Penelitian yang dilakukan Deni Rhamdani (2008) dan Linda Pasaribu (2011) mengenai analisa pengaruh temperatur terhadap tahanan pentanahan tanah menyimpulkan semakin tinggi nilai temperatur tanah maka tahanan tanah akan semakin tinggi [10, 11].

2.7 Pengukuran Tahanan Pentanahan

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan dari suatu elektroda pentanahan, Berdasarkan ANSI / IEEE std 80-2000 metode pengukuran tahanan pentanahan dapat dilakukan dengan metode dua titik, metode "*Fall of potential*" dan metode tiga titik [9].

Pada pengujian ini metode yang digunakan adalah metode tiga titik. Metode tiga titik (*three point methode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pembumian disusun pada Gambar 2.4 di mana batang 1 adalah elektroda yang tahananannya diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai elektroda bantu yang belum diketahui tahananannya [12].



Gambar 2.4 Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan dengan metode tiga titik.

2.8 Bentonit

Bentonit merupakan suatu jenis lempung yang sebagian besar mengandung montmorillonit lebih dari 85% dengan mineral-mineral seperti kwarsa, kalsit, dolomit, feldspars, dan mineral lainnya [13]. Bentuk bentonit dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Serbuk Bentonit

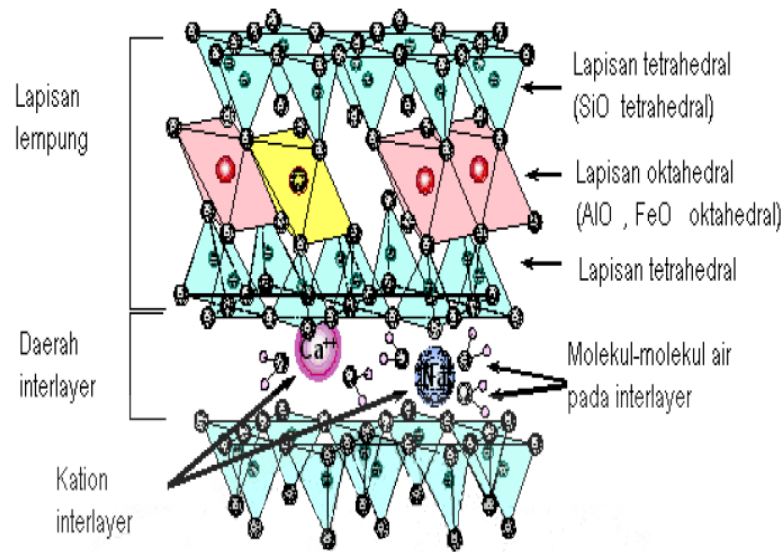
Berdasarkan tipenya, bentonit dibagi menjadi dua yaitu :

a. Tipe Wyoming Na-bentonit (Swelling bentonit)

Penelitian yang dilakukan Jefrianto Simamora (2016) menggunakan Na bentonit yang dapat mengembang hingga sepuluh kali ketika bentonit dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Pada keadaan kering, bentonit akan berwarna putih atau krem tetapi ketika bentonit terkena air atau dalam keadaan basah maka warna bentonit akan berubah menjadi mengkilap [10]

b. Tipe Ca-Bentonit (*non swelling bentonite*)

Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi di dalam air, tetapi secara alami atau setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik. Perbandingan kandungan Na dan Ca rendah, suspensi koloidal memiliki pH: 4-7. Warna dari bentonit tipe ini berbeda yaitu berwarna abu-abu, biru, kuning, merah dan coklat [10].



Gambar 2.6 Struktur monmorillonit atau bentonit

Pada Gambar 2.6 , bentonit sifat dapat menyerap air dan menahan air pada strukturnya, hal ini dikarenakan pada montmorillonit terdapat beberapa lapisan yaitu lapisan lempung yang terdiri dari lapisan tetrahedral dan lapisan oktahedral kemudian lapisan interlayer dimana penyerapan air terjadi pada lapisan interlayer. Bentonit telah banyak diaplikasikan dalam usaha perbaikan tahanan pentanahan [3, 6, 14, 13].

Bentonit sering digunakan karena memiliki sifat:

1. Memiliki sifat tahanan jenis yang sangat rendah dan stabil.
2. Bentonit dapat mengembang menjadi beberapa kali lipat bila dicelupkan ke dalam air dan dapat menahan air pada strukturnya.
3. Bentonit memiliki harga yang ekonomis.
4. Bentonit tidak menyebabkan korosi pada elektroda.
5. Bentonit tidak mudah hancur karena bentonit merupakan bagian dari tanah liat itu sendiri.

Pada dasarnya bentonit tidak memerlukan perlakuan pemanasan atau aktivasi dikarenakan sifatnya yang tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Devy Andini (2015) tentang perbaikan tahanan pentanahan dengan menggunakan bentonit teraktivasi menyebutkan bahwa bentonit memiliki beberapa kendala, seperti tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi. Kestabilan termal dapat diperbaiki dengan melakukan proses pilarisasi. Proses pilarisasi juga akan meningkatkan daya serap bentonit, karena bentonit mengalami peningkatan luas permukaan [5].

2.9 NaCl

NaCl adalah senyawa ionik yang terdiri dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion), sehingga membentuk senyawa netral (tanpa bermuatan). NaCl terbentuk dari hasil reaksi asam dan basa. Komponen kation dan anion ini dapat berupa senyawa anorganik seperti klorida Cl^- . Larutan NaCl dalam air (misalnya natrium klorida dalam air) merupakan larutan elektrolit, yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik [5].



Gambar 2.7. NaCl Murni

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di tanah halaman sekitar Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dari tanggal 20 Juni sampai dengan 20 Juli 2017.

B. Alat dan Bahan

Proses penelitian dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Beberapa alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Satu set alat ukur pentanahan yaitu *Digital Earth Resistance Tester* merk Kyoritsu dengan model 4105A, 2 buah pasak besi, dan juga 3 buah kabel beda warna masing-masing 10 m digunakan untuk mengukur nilai pentanahan melalui batang elektroda pentanahan yang telah ditanam.
2. Bor Biopori merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membuat lubang pada tanah dengan cara memutar bor sampai kedalaman tertentu. Alat ini terbuat dari logam besi yang disepuh dengan spesifikasi teknis:
 - Ukuran bor: tinggi 20 cm, diameter 8 cm
 - Stang putar: panjang 45 cm, diameter 2,5 cm
 - Tangkai: panjang 1 m, diameter 2,5 cm

3. Batang elektroda pentanahan yang terbuat dari bahan tembaga sebanyak 2 batang dengan panjang 1 meter dan diameter 12 milimeter dan 6 batang dengan panjang 0,5 sentimeter dan diameter 12 milimeter.
4. Meteran digunakan untuk mengukur jarak pasak besi pada saat menggunakan *earth tester*.
5. Timbangan, ember dan peralatan lainnya yang digunakan untuk penanaman batang pentanahan.
6. Bentonit sebanyak ± 25 Kg.
7. NaCl ± 25 Kg.
8. Linggis digunakan untuk memadatkan tanah dan bentonit didalam lubang pentanahan.
9. Cangkul digunakan untuk menggali tanah untuk proses pencampuran bentonit dengan tanah.

C. Pelaksanaan Penelitian

1. Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian bahan materi baik dari jurnal, buku, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai:

- a. Sistem pentanahan
- b. Karakteristik bentonit
- c. Karakteristik NaCl
- d. Karakteristik jenis-jenis tanah
- e. Elektroda batang dan elektroda ganda

2. Pengumpulan alat dan bahan

Sebelum pengujian dilakukan, dilakukan pengumpulan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian. Alat dan bahan tersebut tertera pada sub bab B.2. Setelah alat dan bahan terkumpul maka dilakukan tahapan selanjutnya.

3. Rancangan Pengujian

Sebelum melakukan pengambilan data, maka diperlukan perancangan pengujian yaitu dengan membuat lubang pentanahan dan melakukan penanaman elektroda pentanahan.

a. Pembuatan Lubang Pentanahan

Pembuatan lubang pentanahan dilakukan agar terdapat ruang untuk mengisi bentonitnya. Alat yang digunakan untuk membuat lubang yaitu dengan bor biopori. Pembuatan lubang dibuat pada tanah yaitu sebagai berikut:

- 3 lubang dengan kedalaman 100 cm dan diameter 10 cm;
- 6 lubang dengan kedalaman 50 cm dan diameter 10 cm.

Dalam proses Pengujian 1 akan dilakukan pada 3 lubang dengan kedalaman 100 cm dan diameter 10 cm untuk pengujian dengan menggunakan elektroda tunggal yang membandingkan pengaruh penambahan zat aditif bentonit terkomposisi NaCl dengan tanpa penambahan zat aditif. Pada Pengujian 2 pembuatan lubang pentanahan dilakukan pada 6 lubang dan dibuat dengan kedalaman 50 cm dan diameter 10 cm. Hal ini dilakukan karena ingin membandingkan pengaruh penambahan bentonit terkomposisi NaCl dan tanpa penambahan zat aditif dengan menggunakan elektroda batang ganda.

b. Penanaman batang elektroda pentanahan

Penanaman batang elektroda dilakukan setelah lubang untuk pengujian pertama selesai dibuat yang masing masing-masing lubang dimasukkan satu batang elektroda tunggal yang telah diklem dengan kawat pentanahan. Lubang-lubang tersebut kemudian diisi dengan bahan yang berbeda. Lubang 1 dengan penambahan bentonit 100% sebanyak 8 Kg, lubang 2 dengan penambahan zat aditif NaCl 100% sebanyak 8 kg dan lubang 3 dengan penambahan komposisi bentonit 50% dan NaCl 50% (4 Kg bentonit dan 4 Kg NaCl). Setelah penanaman elektroda siap maka dilakukan pengukuran nilai masing-masing pentanahan dengan menggunakan *earth tester*.

Untuk Pengujian kedua, lubang yang dibutuhkan sebanyak 6 lubang dan dibuat dengan kedalaman masing masing 50 cm dengan diameter 10 cm. Pada pengujian kedua ini, alat yang digunakan adalah elektroda ganda sepanjang 50 cm dengan diameter 1,4 cm sebanyak 6 buah yang akan ditanam pada 6 lubang tersebut. Penanaman elektroda ganda ini dibagi menjadi tiga yaitu:

- Lubang 4 dan 5 dengan penambahan bentonit 100% sebanyak 4 Kg pada masing masing lubang
- Lubang 6 dan 7 dengan penambahan NaCl 100% sebanyak 4 Kg masing masing lubang.
- Lubang 8 dan 9 dengan penambahan campuran 50% bentonit dan 50% NaCl sebanyak 4 Kg pada masing masing lubang

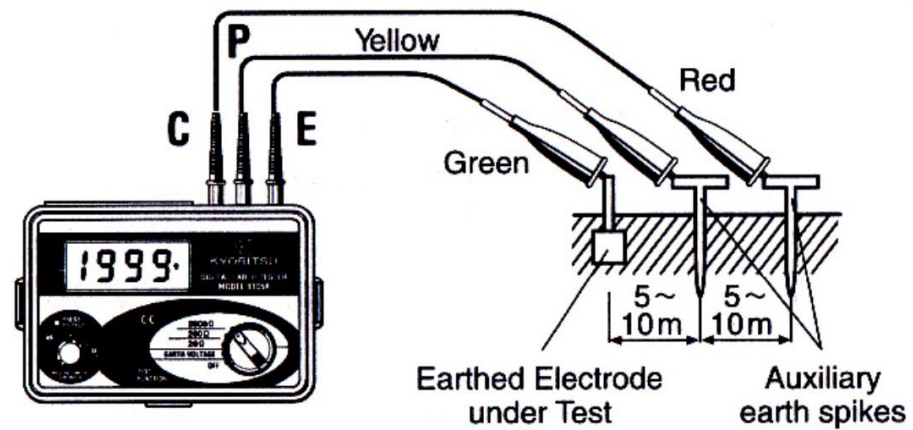
4. Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan

Pengukuran nilai tahanan pentanahan pada masing-masing lubang pentanahan dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Digital Earth Tester* Kyoritsu model 4105A dengan menggunakan metode 3 titik.

Pengukuran tahanan pentanahan pada tanah dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Panel berwarna hijau dihubungkan dengan elektroda pentanahan yang akan di ukur, panel berwarna kuning pada elektroda bantu 1 dan panel berwarna merah pada elektroda bantu 2.
- b. Elektroda pentanahan dan elektroda bantu harus satu garis.
- c. Kondisi Baterai pada *earth tester* harus diperhatikan dengan cara melihat indikator baterai pada layar LCD. Jika pada layar LCD muncul indikator baterai maka baterai tersebut sudah harus diganti.
- d. Mengukur tegangan tanah (*Earth voltage*) dengan cara sebagai berikut :
 - Set *selector switch* pada posisi V, besar tegangan E_v dibaca pada galvanometer.
 - Bila $E_v < 3$ volt, pengukuran tahanan pentanahan dapat dilakukan.
 - Bila $E_v > 3$ volt, pengukuran tahanan pentanahan tidak dapat dilakukan atau akan terjadi *error*.
 - Jarak elektroda E dan P memiliki jarak maksimal yang harus diperhatikan yaitu (5-10 meter).
- e. Set *selector switch* pada posisi 2000Ω kemudian tekan tombol *Press to test* dan memutar kekanan sampai lampu indikator pengukuran menyala.

Menurunkan *set selector switch* pada posisi $200\ \Omega$ dan $20\ \Omega$ saat nilai tahanan semakin rendah. Nilai yang dibaca tersebut adalah harga tahanan pentanahan yang diukur (R_p).



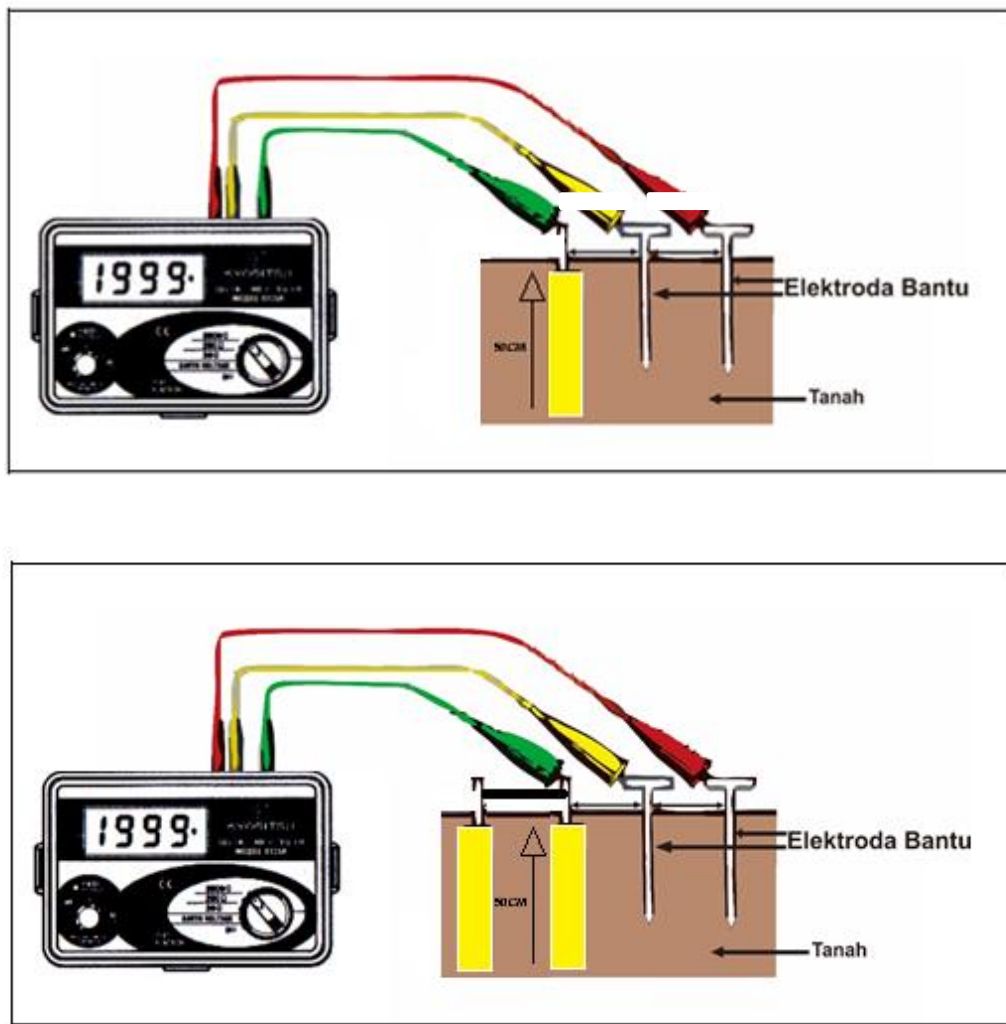
Gambar 3.1 Pengukuran pentanahan dengan Kyoritsu Model 4105A
Sumber : *Instruction Manual Digital Earth Resistance Tester*

Tabel 3. Spesifikasi Kyoritsu Digital Earth Tester Model 4105A

| Range | | Measuring Range | Accuracy |
|------------------|---------------|--------------------|--|
| Earth Voltage | | 0 – 199.9 V | $\pm 1.0\% \text{ rdg} \pm 4 \text{ dgt}$ |
| Earth Resistance | 20 Ω | 0 – 19.99 Ω | $\pm 2.0\% \text{ rdg} \pm 0.1 \Omega (0 - 19.99 \Omega)$ |
| | 200 Ω | 0 – 199.9 V | $\pm 1.0\% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$ (above 20 Ω) (Auxiliary earth resistance 100 $\Omega \pm 5\%$) (Earth Voltage 3V or less) |
| | 2000 Ω | 0 – 1999 Ω | |

Sumber : *Instruction Manual Digital Earth Resistance Tester*

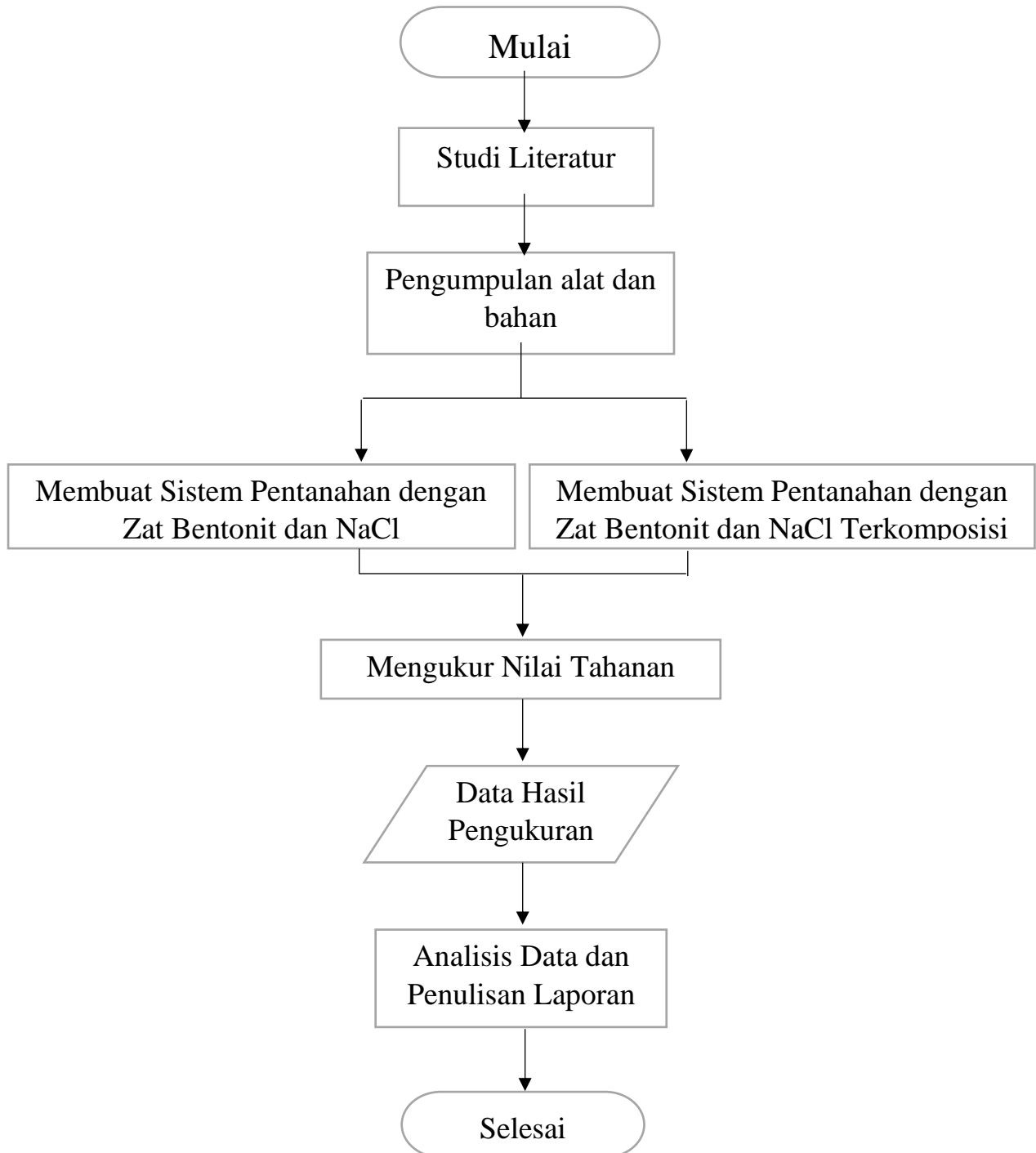
Berikut ini adalah rangkaian skematik pengukuran nilai tahanan pentanahan pada masing-masing pengujian:



Gambar 3.2 Skematik pengukuran pengujian pertama dan kedua

Pengukuran nilai tahanan pentanahannya akan diukur sebanyak 3 kali setiap lubang dengan mengambil 2-3 kali pengukuran setiap jamnya dalam sehari yaitu pada pukul 08.00, 12.00 dan 16.00 WIB dilakukan selama kurang lebih 21 hari berturut-turut.

D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran nilai tahanan tanah yang telah didapatkan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pentanahan dengan menggunakan campuran bentonit 50% dan NaCl 50% dapat lebih baik menurunkan nilai tahanan pentanahan hingga 76% jika dibandingkan dengan sistem pentanahan menggunakan NaCl dan bentonit yang hanya dapat menurunkan nilai tahanan jenis tanah masing-masing 52% dan 74%.
2. Sistem pentanahan menggunakan elektroda batang ganda dapat menurunkan tahanan pentanahan 1-4 ohm lebih baik dibandingkan menggunakan elektroda batang tunggal.
3. Sistem pentanahan menggunakan bentonit memiliki persentase kelembaban di atas 10%. Hal ini lebih baik dibandingkan menggunakan NaCl dan campuran antara bentonit dan NaCl yang memiliki persentase kelembaban di bawah 10%.
4. NaCl memiliki nilai tahanan jenis 3,2 Ohm meter. Hal ini lebih baik jika dibandingkan dengan tahanan jenis bentonit (21,8 Ohm meter) dan tahanan

jenis campuran NaCl dan bentonit (5,16 Ohm meter), namun NaCl memiliki sifat korosif jika dibandingkan zat aditif lainnya sehingga kurang baik dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan.

B. SARAN

Penelitian selanjutnya mengenai sistem pentanahan dengan menggunakan bentonit dan NaCl sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan saran berikut:

1. Penggunaan NaCl dalam sistem pentanahan memiliki resiko pengkaratan pada elektroda sehingga tidak direkomendasikan untuk menjadi objek penelitian sistem pentanahan.
2. Penelitian ini menggunakan alat *moisture* meter yang hanya dapat mengukur tingkat kelembaban dengan *range* 0% sampai 10% sehingga perlu disarankan menggunakan alat *moisture* meter dengan *range* 0% sampai 100 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blattner, C.J. 1980. *Prediction of soil resistivity and ground rod resistance for deep ground electrodes*, IEEE Transaction on Power Apparatus and System, Vol-PAS-99, No.5, Page 1758-1763
- [2] IEEE Std 142™-2007. *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, USA
- [3] Lim, Siow Chun, at all, 2012. *Characterizing of Bentonite with Chemical, Physical and Electrical Perspectives for Improvement of Electrical Grounding Systems*. International Journal Electrochem, Vienna, Austria
- [4] Ilahi, Anton. 2005. Studi Sistem Pembumian batang Tunggal dengan Menganalisis Resistansi Jenis Tanah, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Indonesia
- [5] Junardana, IGN, Januari-Juni 2005. Perbedaan Penambahan Garam dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan pada Sistem Pentanahan, Jurnal, Volume 4, No.1, halaman 24 - 28
- [6] Andini, Devy. 2015. Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Indonesia

- [7] Tomaskovicova, Sonia. 2016. *Effect of Electrode Shape on Grounding Resistance*. Geophysics, Technical University of Denmark. Denmark. Vol 1. No. 1, Page 169 - 182
- [8] Widyaningsih, Wiwik Purwati. 2011. Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit, Skripsi, Politeknik Negeri Semarang. Semarang, Indonesia.
- [9] IEEE Std 80™-2000. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, USA
- [10] Pasaribu, Linda. 2011. Sudi Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur, dan Kadar Garam terhadap tahanan Pentanahan Tanah, Sripsi, Universitas Indonesia. Jakarta, Indonesia
- [11] Rhamdani, Deni. 2008. Analisis Resistansi Tanah Berdasarkan Pengaruh Kelembaban, Temperatur dan Kadar Garam, Sripsi, Universitas Indonesia. Jakarta, Indonesia
- [12] IEEE Std 142™-2007. *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, USA
- [13] Lim, Siow Chun, et al. *Preliminary results of the performance of grounding electrodes encased in bentonite-mixed concrete*. International Journal Electrochem, Vienna, Austria
- [14] Simamora, Jefrianto. 2015. Pengaruh Penambahan Asam Sulfat pada Bentonit untuk Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Indonesia