

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan hal yang sangat penting bagi sistem kelistrikan. Bagian-bagian yang diketanahkan meliputi titik netral suatu sistem tenaga listrik, bagian pembuangan muatan listrik dari arrester, kawat petir pada sepanjang saluran transmisi dan peralatan-peralatan yang pada keadaan normal tidak dialiri arus listrik tetapi berpotensi dialiri arus listrik. Tujuan dari sistem pentanahan adalah[1]:

1. Mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah baik arus gangguan yang berasal dari surja hubung maupun surja petir.
2. Melindungi manusia dari peralatan-peralatan yang dalam keadaan normal tidak teraliri arus tetapi berpotensi mengalirkan arus saat terjadi gangguan.
3. Sistem pentanahan juga berfungsi untuk membatasi tegangan dari fasa-fasa yang tidak terganggu bila terjadi gangguan.
4. Menjaga tingkat kinerja peralatan sehingga sistem dapat berjalan dengan baik.

Sistem pentanahan yang efektif adalah sistem pentanahan yang memiliki nilai pentanahan yang rendah. Tahanan pentanahan tidak boleh melebihi 5Ω tetapi untuk daerah yang memiliki tahanan jenis tanah sangat tinggi boleh mencapai

10Ω [2]. Tahanan pentanahan sangat dipengaruhi oleh tahanan jenis, ukuran elektroda pentanahan dan banyaknya elektroda yang ditanamkan. Memperkecil tahanan pentanahan dapat dilakukan dengan cara antara lain[3]:

- a. Mendesain elektroda pentanahan. Memperkecil tahanan pentanahan (R) bisa dilakukan dengan mendesain bagaimana jenis elektroda dan metode elektroda apa yang dibutuhkan sampai mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang sesuai.
- b. Menimbun suatu zat kimia didalam tanah. Zat kimia yang ditimbun di dalam tanah harus memiliki persyaratan mampu menjaga nilai tahanan pentanahan yang rendah dalam jangka waktu yang panjang, tidak larut atau hancur dalam waktu yang lama, dan memiliki harga yang ekonomis.
- c. Mendesain elektroda pentanahan dan menimbun zat kimia didalam tanah.

2. Bagian-bagian yang Diketanahkan [4]

Dalam suatu sistem kelistrikan terdapat beberapa bagian yang harus diketanahkan, yaitu:

- a. Peralatan listrik yang dalam keadaan normal tidak dialiri arus listrik tetapi pada saat terjadi gangguan berpotensi teraliri arus listrik.
- b. Pada bagian bawah arrester agar arus yang ditimbulkan petir dapat dialirkan ke dalam tanah.
- c. kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. kawat petir ini berada di sepanjang saluran transmisi, semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah melalui kaki tiang saluran transmisi.

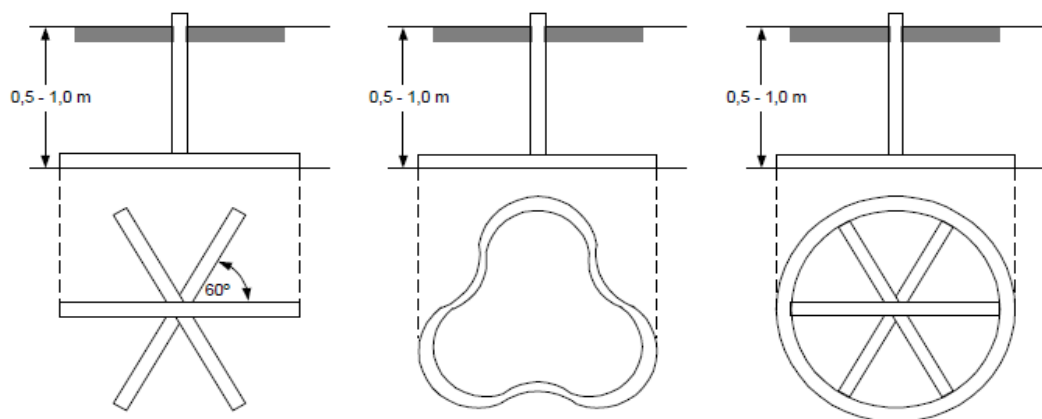
- d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator.

3. Elektroda Pentanahan[2]

Elektroda pentanahan merupakan suatu alat yang ditanam langsung didalam tanah yang berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah. Penghantar pentanahan yang tidak terisolasi di dalam tanah juga bisa disebut elektroda pentanahan. Elektroda biasanya terbuat dari tembaga, baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga.

Jenis-jenis elektroda adalah sebagai berikut:

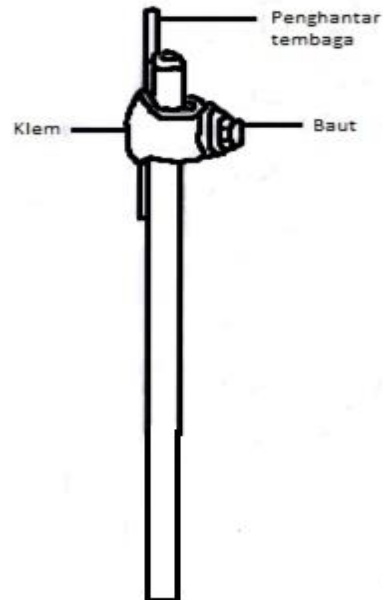
1. Elektroda pita merupakan suatu jenis elektroda pentanahan yang biasanya digunakan untuk daerah yang memiliki tahanan jenis tanah yang rendah atau dengan kata lain cocok pada daerah yang jarang mengalami kekeringan. Elektroda pita biasanya terbuat dari bahan logam yang dipilin.



Gambar 1. Elektroda pita [1]

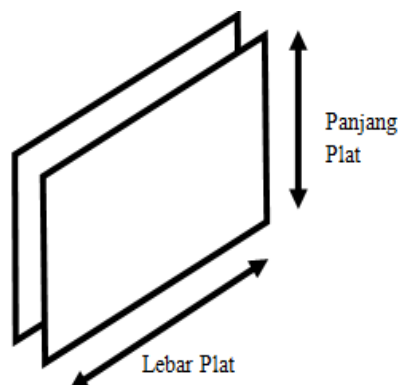
2. Elektroda Batang ialah elektroda yang banyak digunakan pada sistem pentanahan. Dalam Penggunaannya, jumlah dan ukuran elektroda batang dipilih dan disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang dibutuhkan.

Elektroda batang biasanya terbuat dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya.



Gambar 2. Elektroda Batang

3. Elektrode pelat terbuat dari lempengan pelat logam yang berbentuk persegi atau persegi panjang. Penanaman elektroda pelat di dalam tanah ditanam secara tegak lurus di dalam tanah sekurang-kurangnya ditanam sedalam 1,5 meter didalam tanah. Luas pelat ditentukan disesuaikan dengan besarnya tahanan pentanahan yang diperlukan.



Gambar 3. Elektroda plat

Umumnya satu lembar pelat sudah cukup memadai untuk dipergunakan. Jika dilakukan hubung paralel dari beberapa pelat ini, jarak antar pelat sekurang-kurangnya 3 meter.

4. Metode penanaman elektroda [5]

a. Sistem pentanahan *driven rod*

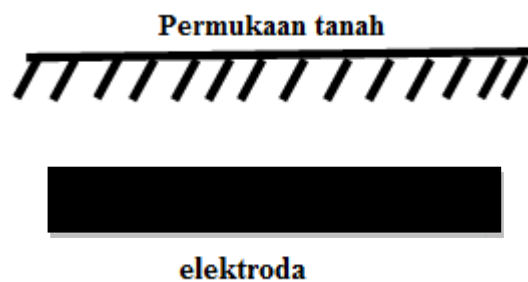
Sistem pentanahan *driven rod* merupakan suatu sistem pentanahan dengan cara menanamkan suatu elektroda batang (*rod*) yang tegak lurus dengan tanah, dimana arus gangguan akan mengalir dari elektroda tersebut ke tanah sekitarnya.



Gambar 4. Sistem pentanahan driven rod

b. Sistem pentanahan *counterpoise*

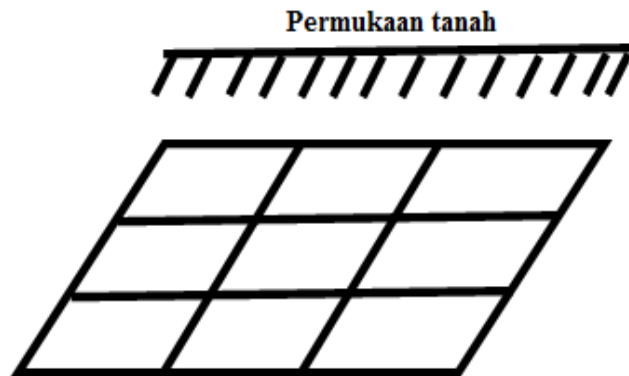
Sistem pentanahan *counterpoise* adalah sistem pentanahan dengan menanam elektroda secara horizontal atau sejajar dengan tanah.



Gambar 5. Sistem pentanahan *counterpoise*

c. Sistem pentanahan grid

Pentanahan grid biasanya digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil. Bentuk geometris pentanahan grid dapat dibuat bentuk bujur sangkar atau persegi panjang.



Gambar 6. Sistem pentanahan grid

5. Perbaikan Pentanahan [6]

Dalam perbaikan nilai tahanan pentanahan ada suatu metode yaitu dengan penimbunan zat kimia di dalam tanah. Zat kimia yang ditimbun di dalam tanah harus memiliki persyaratan mampu menjaga nilai tahanan pentanahan yang rendah dalam jangka waktu yang panjang, tidak larut atau hancur dalam waktu yang lama, dan memiliki harga yang ekonomis. Zat kimia yang sudah banyak digunakan antara lain seperti garam, serbuk arang, zeolit, gypsum, dan bentonit.

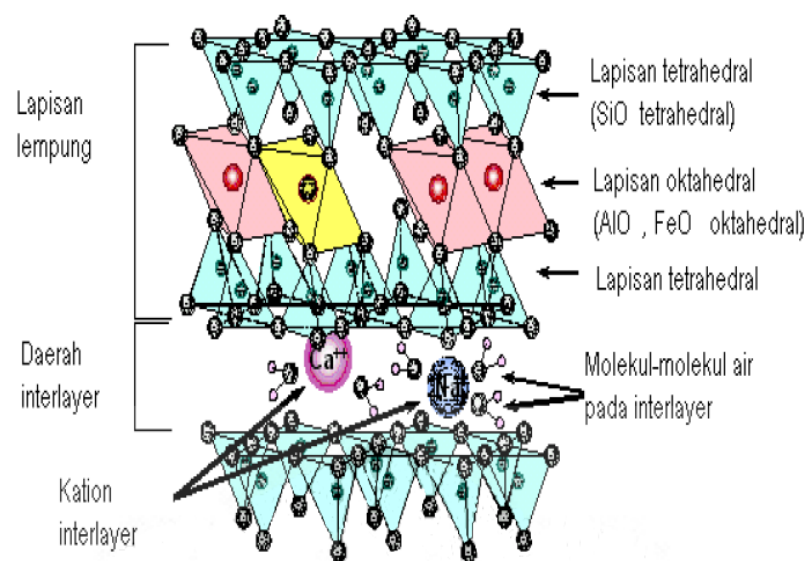
7. Bentonit

Bentonit adalah suatu jenis lempung yang sebagian besar mengandung montmorillonit dengan mineral-mineral seperti kwarsa, kalsit, dolomit, feldspars, dan mineral lainnya. Bentuk fisik bentonit dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. Serbuk bentonit

Bentonit memiliki 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 di mana penyerapan air terjadi pada lapisan interlayer. Pada lapisan interlayer ini terdapat molekul air dan kation-kation[7].



Gambar 8. Struktur monmorillonit[7]

Bentonit telah banyak diaplikasikan dalam usaha perbaikan tahanan pentanah. Bentonit sering digunakan karena memiliki sifat[8]:

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.

Dalam penerapannya bentonit mengalami beberapa kendala yaitu tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi oleh karena itu untuk meningkatkan kestabilan termal bisa dilakukan proses pilarisasi, selain itu setelah mengalami pilarisasi bentonit akan memiliki daya serap yang lebih baik dikarenakan mengalami peningkatan luas permukaan. Pilarisasi yang bisa digunakan adalah memodifikasi bentonit menjadi bentonit terpillar ferri oksida, di mana telah diteliti bentonit terpillar ferri oksida dapat meningkatkan luas permukaan bentonit sebesar 5,7545 m²/g[9].

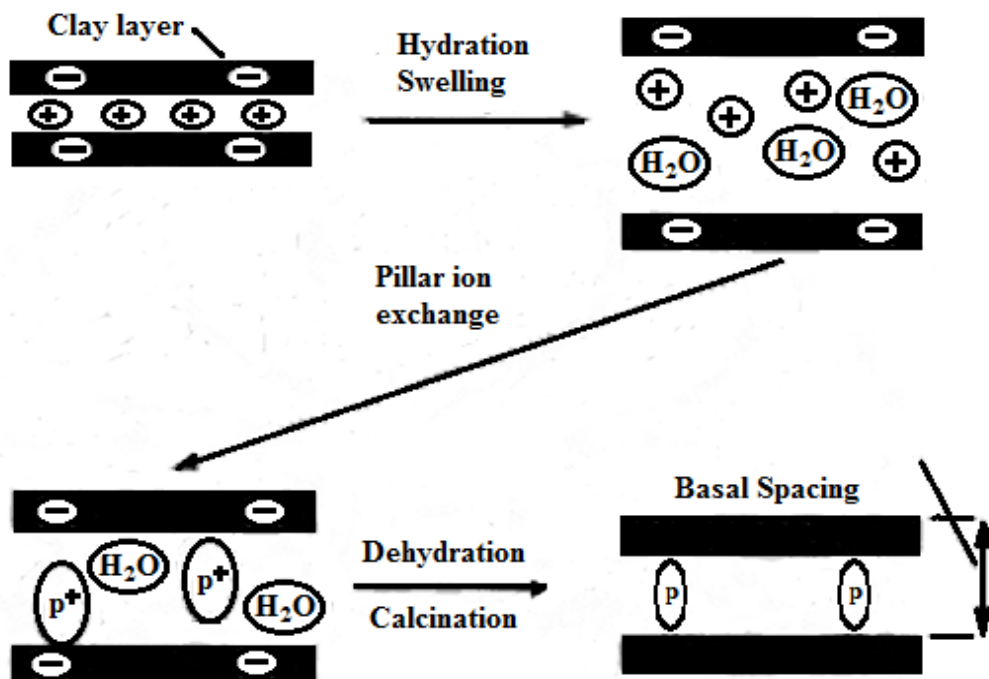
8. Aktivasi [10]

Aktivasi merupakan perlakuan terhadap zat kimia yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga zat kimia itu mengalami perubahan fisik, baik fisik atau kimia. Aktivasi terbagi menjadi 2 yaitu aktivasi secara fisika

dan aktivasi secara kimia. Aktivasi fisika biasanya dilakukan dengan bantuan panas, uap dan gas CO_2 , sedangkan aktivasi kimia merupakan aktivasi yang dilakukan dengan bantuan zat kimia lain yang disebut aktivator. Aktivator yang sering digunakan untuk proses aktivasi adalah alkali, klorida, sulfat, fosfat dan asam-asam organik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 .

9. Pilarisasi Lempung [7]

Proses pilarisasi adalah proses pergantian kation pada daerah interlayer dengan kation logam lain yang memiliki muatan dan ukuran yang lebih besar. pada pemiliran ini lembaran semakin besar sehingga dapat digunakan untuk adsorpsi dan katalis.



Gambar 9. Proses Pilarisasi[7]

proses pilarisasi oleh polikation terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. polimerisasi dari polikation seperti Al(III), Ga(III), Ti(IV), Zr(IV), Fe(III), Cr(IV) dan lainnya.
2. interkalasi polikation ke dalam interlayer lempung sehingga terjadi substitusi dengan kation alami (Na dan Ca).
3. kalsinasi pada suhu tinggi yang merupakan bagian terpenting karena pada kalsinasi polikation logam yang dimasukan akan mengalami dehidrasi dan dehidroksilasi membentuk kluster oksida logam yang menjaga ruang antar lembaran secara permanen.

B. Penelitian yang Telah dilakukan

Beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. IGN Junardana, *Perbedaan penambahan garam dengan penambaha bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan*, 2005. Melakukan penelitian tentang perbandingan penambahan garam dengan penambahan bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan. Penelitian ini dilaksanakan pada jenis tanah lempung di Padang Sambian Denpasar Bali. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *rod* dengan panjang dan diameter yang sama yaitu 240 cm dan diameter 1,0 cm. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali pengukuran yang dilaksanakan setiap hari pada pukul 12.00 dan 15.00 WITA. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai tahanan pentanahan saat menggunakan bentonit jauh lebih kecil yaitu sekitar 3-3,2 ohm sedangkan dnegan menggunakan garam di dapatkan tahanan pentanahan sebesar 7-8 ohm[11].

2. Wiwik purwati widyaningsih, *perbaikan tahanan pentanahan dengan menggunakan bentonit*, 2011. Melakukan penelitian dengan memvariasikan kedalaman parit dan banyaknya bentonit yang dimasukkan kedalam parit. Hasil dari penelitian ini didapatkan semakin dalam batang elektroda ditanamkan dan semakin banyak bentonit yang di masukan maka akan didapatkan tahanan pentanahan yang semakin kecil[5].
3. IGN Junardana, *pengaruh umur pada bentonit terhadap nilai tahanan pentanahan*, 2005. penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dengan mevariasikan banyaknya bentonit yang akan di masukan ke dalam tanah yaitu 5kg, 10 kg dan 15 kg. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa bentonit seberat 5 kg selama 6 bulan adalah $3,25 \pm 0,27$ ohm. Nilai rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa bentonit seberat 10 kg selama 6 bulan adalah $2,51 \pm 0,23$ ohm. Nilai rata-rata tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa bentonit seberat 15 kg selama 6 bulan adalah $2,01 \pm 0,008$ ohm[6].
4. Siow Chun LIm et al, *preliminary results of the performance of grounding electrodes encased in bentonite-mixed concrete*, 2012. Penelitian ini melakukan pencampuran beton dengan bentonit, banyak semen digantikan dengan bentonit sebanyak 10 %, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Hasil penelitian yaitu pada campuran bentonit sebanyak 20% didapatkan resistansi yang sangat tinggi pada awal pengukuran tetapi setelah bulan pertama mendapatkan nilai tanah yang stabil dan kosisten lebih rendah. Sedangkan bentonit di bawah 30% memiliki resistansi lebih rendah dari pada campuran

beton biasa dan campuran diatas 30% memiliki tahanan pentanahan yang lebih tinggi[12].

5. Hiroshi YAMANE at al, *long-term stability of reducing ground resistance with water-absorbent polymers* pada penelitian ini polimer penyerap air epoxy dibandingkan dengan bentonit dan diuji dengan kondisi tanah yang sangat kering, dan basah dengan temperatur 25°C, 70°C dan 90°C. Hasil penelitian ini adalah pada kondisi sangat kering pada suhu 25°C tahanan pentanahan stabil tetapi pada 70°C dan 90°C meningkat dengan cepat, ketikan sampel ini diberikan air tahanan pentanahan kembali ke nilai awal, sedangkan bentonit hancur sekitar seminggu di temperatur 70°C dan 90°C. Pada kondisi basah polimer dan bentonit didapatkan hasil yang stabil[13].
6. Siow Chun Lim et al, *characterizing of bentonite with chemical, physical and electrical perspectives for improvement of electrical grounding systems*, 2013. Pada penelitian ini penulis merasa perlu untuk meneliti kenapa bentonit sering digunakan sebagai perbaikan tahanan pentanahan, karena selama ini tidak ada penelitian yang jelas tentang hal itu oleh karena itu ada beberapa hal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan pengujian untuk melihat komposisi kimia dari bentonit, melihat seberapa besar daya serap dari bentonit, kemampuan mengembang dari bentonit, dan tahanan jenis dari bentonit. Penelitian ini menggunakan 3 sampel bentonit yang diimpor dari Indonesia dan 2 sampel dari Pakistan. Bentonit dari indonesia merupakan Ca-bentonit sedangkan 2 sampel dari pakistan tidak di ketahui. 2 sampel dari Pakistan di beri nama B1 dan B2, lalu dari indonesia di beri nama B3. Percobaan-percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

- a. Melihat daya serap dan pengembangan bentonit dilakukan dengan memasukan bentonit sebanyak 100 cm^3 kedalam gelas ukur kemudian diberi air sebanyak 200 cm^3 lalu didiamkan selama 1 hari.
- b. Untuk melihat tahanan jenis dari bentonit dilakukan dengan cara membuat kotak dari perspex dengan ukuran $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$, dua sisi kotak diberikan aluminium foil. bentonit diisi penuh kedalam kotak kemudian di tekan dengan $4,7 \text{ kg}$ selama 30 menit untuk meratakan dan memadatkan bentonit kemudia untuk mengukur tahanan jenis tanah di lakukan dengan alat LCR meter. Cara kerja LCR meter adalah 2 probe dari LCR meter dijepitkan pada aluminium foil pada kotak kemudian didapat nilai dari tahanan kotak, nilai tahanan ini yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan tahanan jenis bentonit, kemudian untuk melihat tahanan jenis dari bentonit basah kotak di isi penuh dengan air kemudian dimasukan bentonit yang sebelumnya juga telah dicampur air dan dilakukan pengukur yang sama dengan sebelumnya.
- c. Analisis komposisi kimia bentonit dilakukan dengan menggunakan scanning electron microscope (SEM) dengan nomor model Hitachi S - 3400N.

Hasil yang di dapatkan pada penetian ini adalah 2 sampel yang belum diketahui sebelumnya merupakan bentonit Na-bentonit. Daya serap sampel B1 sebanyak 220% karena bentonit seberat 100 gram (100cm^3) dapat menyerap air sebanyak 160 gram air, dan pertambahan volume menjadi 220 cm^3 . Kemudian nilai tahanan jenis bentonit didapat pada sampel B3 didapat nilai tahanan jenis paling tinggi[3].