

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Seiring berjalannya perkembangan zaman dan semakin sempitnya tanah yang dapat digunakan, maka pembangunan pondok pesantren di wilayah Indonesia terutama di perkotaan mengalami kendala pada perluasan bangunan. Sehingga pembangunan pondok pesantren cenderung ke atas atau bertingkat sebagai solusi menghadapi permasalahan tersebut. Bangunan bertingkat tinggi lebih rawan mengalami gangguan baik gangguan secara mekanik maupun gangguan alam. Salah satu gangguan alam yang sering terjadi adalah sambaran petir (Jamaaluddin and Sumarno 2017).

Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka dipasang sistem pengamanan pada pondok pesantren. Sistem pengamanan itu berupa sistem penangkal petir beserta pembumiannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap pondok pesantren. Dengan adanya sistem pembumian ini, semua bagian perumahan dan permukaan tanah diharapkan mempunyai tegangan yang merata, terutama pada saat gangguan ke tanah sehingga tidak membahayakan orang yang berada di sekitar tempat itu.

Kebutuhan pembumian ini bermula dari kenyataan bahwa gangguan sering terjadi pada peralatan listrik, sehingga mengakibatkan arus gangguan mengalir pada pembumian, yang akan menimbulkan kenaikan beda potensial. Hampir semua peralatan elektronika dan peralatan listrik di pondok pesantren seperti : Televisi (TV), kipas angin, komputer, lampu, AC (pendingin ruangan), pompa listrik, pemasak nasi (rice cooker), bor listrik, dan sebagainya membutuhkan energi listrik agar dapat beroperasi. Energi listrik sangat banyak membantu kehidupan kita sehari-hari dan sudah merupakan kebutuhan yang vital. Tetapi apabila listrik tidak memiliki pengamanan dan instalasi yang benar, maka listrik akan berubah menjadi energi yang berbahaya (Setiawan and Syakur 2018).

Maka, sebuah sistem pembumian (pentanahan) yang diinstalasi dengan baik adalah bagian penting untuk menjaga sistem kelistrikan bekerja dengan aman. Setiap sistem listrik membutuhkan pembumian yang tepat untuk menjaga agar sistem bekerja dengan baik. Sebuah sistem pembumian tergantung pada dua komponen untuk bekerja dengan benar yaitu :

1. Lokasi dari sambungan pembumian
2. Ukuran dari konduktor pembumian

Untuk meminimalkan kerusakan akibat sambaran petir pada perumahan, maka perlu dilakukan perhitungan nilai pembumian yang aman dan menganalisa tempat tertanamnya elektroda pembumian.

Pada proses perencanaan suatu jenis sistem pembumian pada perumahan, memerlukan suatu pengukuran tahanan pembumian yang akan menjadi acuan proses perencanaan sistem pembumian. Hal ini akan bermanfaat dalam perencanaan sistem pembumian karena arus lebih dialirkan ke tanah/bumi dengan cepat pada saat terjadi gangguan sambaran petir karena nilai tahanan pembumian yang kecil.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Apakah kedalaman elektroda berpengaruh terhadap hasil pengukuran tahanan pembumian ?
2. Apakah kondisi tanah akan berpengaruh terhadap pengukuran tahanan pembumian pada lokasi pondok pesantren ?

1.3. Batasan Masalah

Oleh karena beragam jenis kedalaman dan ukuran elektroda yang di gunakan agar nilai tahanan yang di peroleh kecil, maka penulis perlu membatasi :

1. Kedalaman elektroda berpengaruh terhadap pengukuran tahanan pembumian
2. Pengukuran dilakukan di tanah kering, tanah berbatu dan parit berairsekitar pondok pesantren mawaridussalam.

1.4.Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah untuk mengetahui nilai tahanan dengan elektroda yang tertanam di tanah pada kondisi jenis tanah yang berbeda, dan untuk membandingkan nilai tahanan pembumian dengan elektroda yang tertanam di tanah,dengan menggunakan alat ukur yaitu:

1. Kondisi tanah berair
2. Kondisi tanah kering
3. Kondisi tanah berbatu kerikil.

1.5.Manfaat Penelitian

Manfaat penulisan ini adalah untuk mengetahui pengaruh kedalaman elektroda dan kondisi tanah yang berbeda pada lokasi pondok pesantren mawaridussalam terhadap harga tahanan pembumian (pentanahan). Sehingga dapat mengetahui letak sistem pembumian yang tepat.

1. Manfaat teoritis, dapat mengetahui penggunaan alat, atau aplikasi peralatan yang diukur pada arealokasi. Alat yang di gunakan untuk mengetahui sistem pentanahan.
2. Manfaat praktis, dapat memberikan masukan yang berarti bagi pesantren dalam menggunakan peralatan ukur tanah untuk mengatur tahanan pentanahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1.Sistem Penumbumian

Sistem penumbumian atau biasa disebut sebagai grounding system adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik terutama akibat sambaran petir. Sistem penumbumian digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi.

Sistem penumbumian yang di gunakan baik untuk penumbumian netral dari suatu sistem tenaga listrik, penumbumian sistem penangkal petir dan penumbumian untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius ,karena pada prinsipnya penumbumian tersebut merupakan dasar yang di gunakan untuk suatu sistem proteksi. Tidak jarang orang umum/awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan penumbumian. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem penumbumian adalah hambatan sistem dari suatu sistem penumbumian tersebut(Riyanto 2021).

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan penumbumian hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah kedalam sistem penumbumian, sedang kenyataan yang terjadi suatu sistem penumbumian tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

Perilaku tahanan sistem penumbumian sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke sistem penumbumian tersebut. Dalam suatu penumbumian baik penangkal petir atau penumbumian netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem penumbumian tersebut. Besar impedansi penumbumian tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor baik faktor internal atau eksternal. Yang dimaksud dengan faktor internal meliputi:

- a) Dimensi konduktor pembumian (diameter atau panjangnya).
- b) Resistivitas relatif tanah.
- c) Konfigurasi sistem pembumian.

Yang dimaksud dengan faktor eksternal meliputi:

- a) Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah).
- b) Frekuensi yang mengalir ke dalam sistem pembumian

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang di gunakan untuk sistem pembumian karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama (Jaya, Sultan, and Salim 2021). Tujuan utama pembumian adalah menciptakan jalur yang tahanan rendah (low-impedance) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan tegangan transient. Penerangan, arus listrik, circuit switching dan electrostatic discharge adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau tegangan transient (Wiguna 2016). Pembumian yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Tujuan sistem pembumian adalah :

- 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 memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2.2.Mekanisme Petir

Petir terjadi akibat perpindahan muatan negatif menuju ke muatan positif. Menurut batasan fisika, petir adalah lompatan bunga api raksasa antara dua massa dengan medan listrik berbeda. Prinsip dasarnya kira-kira sama dengan lompatan api pada busi.

Petir adalah hasil pelepasan muatan listrik di awan. Energi dari pelepasan itu begitu besarnya sehingga menimbulkan rentetan cahaya, panas, dan bunyi

yang sangat kuat yaitu *geluduk*, *guntur*, atau *halilintar*. *Geluduk*, *guntur*, atau *halilintar* ini dapat menghancurkan bangunan, membunuh manusia, dan memusnahkan pohon (Harahap, Nasution, and Ramadhani 2021). Sedemikian raksasanya sampai-sampai ketika petir itu melesat, tubuh awan akan terang dibuatnya, sebagai akibat udara yang terbelah, sambarannya yang rata-rata memiliki kecepatan 150.000 km/detik itu juga akan menimbulkan bunyi yang menggelegar (Elektro et al. 2015). Di lain kesempatan, ketika akumulasi muatan listrik dalam awan tersebut telah membesar dan stabil, lompatan listrik (*electric discharge*) yang terjadipun akan merambah massa bermedan listrik lainnya, dalam hal ini adalah bumi. Besar medan listrik minimal yang memungkinkan terpicunya petir ini adalah sekitar 1.000.000 volt per meter.

Petir dapat terjadi antara :

- a) Awan dengan awan
- b) Dalam awan itu sendiri
- c) Awan ke udara
- d) Awan ke tanah (bumi)

Lebih banyak pelepasan muatan (*discharge*) terjadi antara awan-awan dan di dalam awan itu sendiri dari pada pelepasan muatan yang terjadi antara awan ke tanah, tetapi petir awan tanah ini sudah cukup besar untuk dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada benda-benda di permukaan tanah (Layl et al. 1995). Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer pada waktu hujan (*thunder storn*).

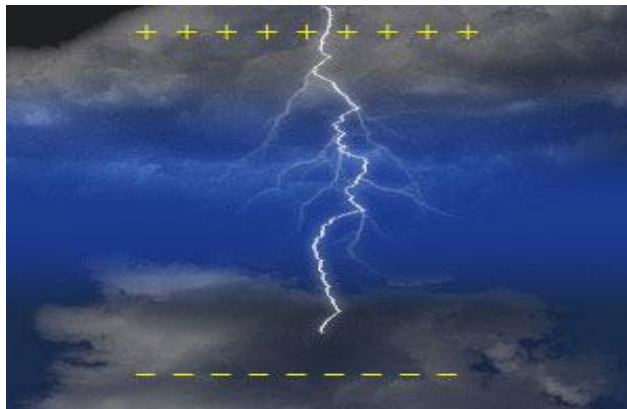
Muatan akan terkonsentrasi di dalam awan atau bagian dari awan dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya (Hamid and Abubakar 2016).

Jika muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik, maka kuat medan di udara pun akan naik. Jika kuat medan ini melebihi kuat medan diantara awan-awan tersebut maka akan terjadi pelepasan muatan. Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran (*streamer*) adalah $E_B = 10-40 \text{ kV/m}$, pada awan yang mempunyai ketinggian 1-2 km di atas tanah menghasilkan tegangan 100 MV.

Pilot leader yang membawa muatan akan mengawali aliran ke tanah sehingga saluran yang di buat oleh pilot leader ini menjadi bermuatan dan kuat medan (potensial gradien) dan ujung leader ini sangat tinggi(Kusuma 2016). Selama pusat muatan di awan mampu memberikan muatannya pada ujung leader lebih besar dari kuat medan udara, maka leader (petir) akan tetap mampu melanjutkan perjalanannya. Jika kuat medan pada ujung leader kuat medan udara, maka petir (*leader*) akan berhenti dan muatan dilepaskan tanpa pelepasan muatan yang lengkap (tidak ada pukulan ke tanah).

Pada saat leader mendekati tanah, kuat medan statis pada permukaan tanah akan naik cukup tinggi untuk menghasilkan aliran ke atas yang pendek menyongsong pilot leader, titik tempat bertemunya dua aliran yang berbeda muatan ini disebut “*striking point*” (titik pukul).

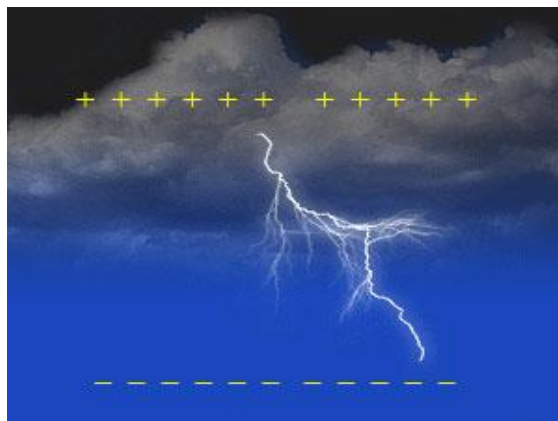
Jika muatan pada awan telah dilepas ke bumi maka tegangan pada awan tersebut akan turun, akibatnya mungkin terjadi beda tegangan yang tinggi antara awan ini dengan pusat muatan lainnya pada awan tersebut(Bakar and Suharto 2021). Akibatnya akan terulang kembali pelepasan muatan melalui kanal yang terbentuk oleh pelepasan muatan pertama. Gambar beberapa jenis petir ditunjukkan pada Gambar 2.1. s/d 2.4.



Gambar 2. 1 Petir Awan dengan Awan



Gambar 2. 2 Petir dalam Awan



Gambar 2. 3 Petir Awan ke Udara



Gambar 2. 4 Petir Awan dengan Bumi

Besarnya arus puncak petir perlu diketahui karena besaran ini yang berpengaruh terhadap tegangan jatuh pada suatu tahanan (R), di mana arus petir menjalar (misalnya tahanan pembumian menara)(Kumara and Prasetyono 2021).

Sebagai contoh bila suatu petir menyambar menara transmisi maka arus puncak akan menimbulkan jatuh tegangan sebesar :

$$V = I_{\text{maks.}} \cdot R \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana :

V = tegangan jatuh pada tahanan pembumian (KV)

$I_{\text{maks.}}$ = arus maksimal/puncak petir (KA)

R = tahanan pembumian menara (Ohm)

2.3. Jenis-jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan ρ .

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

1. Jenis tanah : liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
2. Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau sejenis
3. Komposisi kimia dari larutan garam dalam kandungan air
4. Kelembaban tanah
5. Temperatur
6. Kepadatan tanah

Jenis tanah, seperti berpasir, berbatu, tanah liat dan lain-lain mempengaruhi besar tahanan jenis (Akr and Tbk 2020). Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) tahanan jenis tanah dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

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

garam masih terdapat. Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah (ρ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%.

Dalam salah satu test laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik samapai 30 kali. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali. Temperatur bumi pada kedalaman 1,5 m biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Bagi Indonesia daerah tropis perbedaan temperatur selama setahun tidak banyak, sehingga faktor temperatur boleh dikatakan tidak ada pengaruhnya.

Tanah yang kering atau dengan konsentrasi tanah yang rendah (di bawah 10%), mempunyai tahanan jenis yang besar atau dengan kata lain berupa isolator yang baik. Suatu hal yang baik dari hubungan antara tahanan jenis menunjukkan adanya kejenuhan untuk kelembaban di atas 15%, kenaikan pada kelembaban tidak banyak mempengaruhi tahanan jenis tanah.

Tabel 2. 1 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ω -m)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Dibawah ini adalah tabel tahanan rata-rata jenis tanah, yang terdiri dari tanah organik yang basah, tanah basah, tanah kering, dan lapisan tanah keras.

Tabel 2. 2 Tahanan Jenis Tanah Rata-rata

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ω -m)
Tanah organik yg basah	20
Tanah basah	100
Pasir kering	1000
Lapisan tanah keras	10000

2.4.Persyaratan SistemPembumian

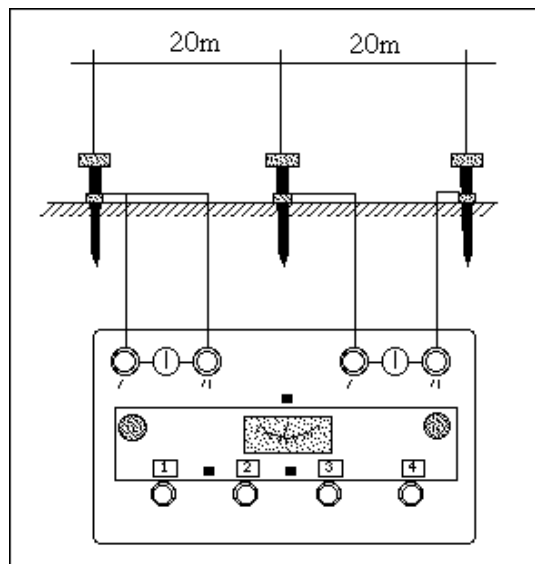
Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengamanan rangkaian listrik adalah pembumian.Pembumian adalah suatu usaha untuk mengadakan hubungan dengan tanah (bumi) menggunakan penghantar dan elektroda tanah.Pembumian yang baik pada gardu sangat penting untuk keamanan dan keandalan operasional sistem tenaga.Apabila suatu pengamanan/perlindungan yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pembumian yang dirancang dengan baik dan benar.Agar sistem pembumian dapat bekerja dengan efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Membuat jalur impedansi rendah ketanah untuk pengamanan personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian efektif.
2. Sistem pembumian dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (surge currents).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun harus dapat menyalurkan arus gangguan dengan baik.

Secara umum sistem pembumian dibagi atas dua bagian yaitu pembumian sistem dan pembumian peralatan. Pembumian sistem adalah pengadaan hubungan dengan tanah untuk suatu titik penghantar arus dari suatu sistem. Pada umumnya titik tersebut adalah titik netral dari mesin-mesin listrik arus putar seperti generator,motor, dan transformator.Sedangkan pembumian peralatan adalah pengadaan hubungan dengan tanah untuk bagian-bagian yang tidak membawa arus dari sistem. Bagian-bagian ini adalah semua logam yang dekat dengan sistem yang membawa arus. Pembumian ini berfungsi sebagai pengaman terhadap kemungkinan kebocoran arus dari suatu sistem.

2.5. Teori Rangkaian Pemakaian Tahanan Pentanahan

Sistem pentanahan atau grounding system adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi. Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan kesegala arah.



Gambar 2. 5 Contoh Rangkaian Pemakaian Tahanan Tanah