

STUDI SISTEM PROTEKSI PENTANAHAN
PADA BTS (Base Transceiver Station) TIPE SST DI BSC (Base Station Controller) JEMBER

Arief Budi Handayani
12 1062 2008
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember
Jln Karimata No. 49, Sumbersari, Kabupaten Jember.
Handayani.arief@yahoo.co.id

ABSTRACT

Grounding system is a system of connections made between the metals in the electrical installation aims to provide the low resistance to ground (earth) for the fault current to flow with sufficient current to enable equipment overcurrent protection (Circuit Breaker / Fuse) opens / open (Trip) quickly and to stabilize the voltage in each phase of the circuit equipment, so that all are protected, including technicians from the interference of electric current. In this study proposes an analysis method of grounding protection system against lightning and needs protection against lightning strikes according to the standards. Tests carried out a formula calculation and earth resistance tester tool. Data were collected from the test were analyzed, processed and tested, to prove what kind of grounding that get better results in accordance standardization.

Keywords: *Lightning Protection System and the Need for Protection Against Lightning strikes According to Standard.*

ABSTRAK

Sistem pentanahan merupakan suatu sistem sambungan yang dibuat di antara logam dalam pemasangan instalasi listrik bertujuan menyediakan jalan resistansi yang rendah ke tanah (bumi) bagi arus gangguan untuk mengalir dengan arus yang cukup untuk mengaktifkan peralatan proteksi arus lebih (Circuit Breaker / Fuse) membuka / open (Trip) dengan cepat dan untuk menstabilkan tegangan dalam setiap fasa dari rangkaian peralatan, agar semua terlindungi termasuk teknisi dari gangguan yang ditimbulkan arus listrik. Dalam penelitian ini mengusulkan analisa metode system proteksi pentanahan terhadap petir dan kebutuhan perlindungan terhadap sambaran petir menurut standar. Pengujian dilakukan perhitungan rumus yang ada dan alat earth resistansi tester. Data dikumpulkan dari pengujian kemudian dianalisa, diolah dan di uji, untuk membuktikan jenis pentanahan yang mendapatkan hasil lebih baik sesuai standarisasi.

Kata Kunci : System Proteksi Pentanahan dan Kebutuhan Perlindungan Terhadap Sambaran Petir Menurut Standar.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.1 Latar Belakang

Merujuk dari penelitian yang dilakukan oleh Resna Yunaningrat dengan judul “Analisa Pentanahan Pada BTS BSC Banjarsari” dimana menggunakan metode analisa pentanahan didasarkan menurut PUIL 2000 yaitu sebesar $<1\Omega$ diperoleh kesimpulan bahwa mengetahui jenis sistem pentanahan di BTS Telkomsel BSC Banjarsari adalah memakai sistem TN-C-S atau pembumian netral Pengaman (PNP) yaitu mempunyai satu titik yang dibumikan langsung. Dan menurut Widhya Putra P. penelitian skripsinya yang berjudul “ Evaluasi Sistem Proteksi Petir Pada BTS (Base Transceiver Station) yang membahas tentang bagaimana mengevaluasi sebuah system proteksi petir pada perangkat telekomunikasi.

Dari penelitian tersebut terdapat perbedaan dari penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini yaitu penelitian tersebut hanya berpusat pada jenis sistem pentanahan dan kualitas sistem pembumian listrik pada BTS Telkomsel sedangkan penelitian saat ini untuk membuktikan sistem pentanahan yang sesuai standarisasi pada salah satu BTS di jember.

Setiap perusahaan akan selalu mengharapkan kenyamanan dan keselamatan dalam memanfaatkan energy listrik, baik Industri maupun perusahaan di bidang jasa telekomunikasi. Listrik dalam industry memiliki beberapa manfaat yaitu listrik sebagai penerangan (lampu) dan untuk peralatan listrik perusahaan atau indutri lainnya. Dalam penggunaanya, listrik memiliki resiko yang dapat membahayakan bagi peralatan maupun pemakainnya apabila salah dalam penanganan dan penggunaannya.

Perlengkapan yang tidak di dasari pengetahuan tentang instalasi listrik dapat berbahaya apabila tidak dilakukan pemeliharaan serta pengamanan terhadap peralatan listrik yang ada. Terkadang kita pernah mendengar atau melihat sendiri terjadinya kecelakaan atau kebakaran rumah yang ternyata hal tersebut disebabkan oleh konsleting listrik. Setelah ditelusuri penyebabnya adalah instalasi listrik yang tidak sesuai dengan PUIL 2000.

Pada saat ini telekomunikasi sudah menjadi bagian yang sangat penting bagi setiap orang untuk berkomunikasi lewat handphone (Hp) bahkan sampai luar negeri bias berkomunikasi lewat jaringan internet, maka dari itu sebuah tower telekomunikasi atau yang biasa di sebut BTS (Base Transceiver Station) harus mempunyai

kualitas yang sangat bagus. Walaupun terjadi gangguan BTS maka waktu *down time* harus seminimal mungkin.

Untuk mendapatkan BTS yang berkualitas selain dilakukan pemilihan lokasi yang tepat ada dua factor yang mempengaruhi. Factor yang pertama adalah catu daya listrik yang bagus serta back up listrik yang memadai supaya dapat menjalankan perangkat dan peralatan yang dibutuhkan oleh BTS dengan baik seperti antena pengirim dan penerima, alat memproses sinyal, tidak terkecuali alat-alat pendukung lainnya seperti AC, Lampu, dan lain-lain. Sedangkan factor yang kedua adalah pengaman terhadap petir juga harus diperhatikan karena tinggi tower telekomunikasi umumnya berkisar 16 - 42 meter. Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, instalasi kelistrikan harus dilakukan dengan benar dan sesuai dengan kaidah-kaidah dari persyaratan umum instalasi listrik (PUIL).

System proteksi kelistrikan seharusnya merupakan standar baku yang selalu diterapkan pada setiap instalasi kelistrikan, sedangkan system proteksi terhadap petir yang meliputi proteksi petir eksternal dan internal ditetapkan berdasarkan kebutuhan tingkat perlindungan yang diperlukan.

Dari penjelasan di atas maka dalam menyusun berkeinginan untuk melakukan

penelitian dengan judul “ Studi system proteksi pentanahan pada BTS (*Base Transceiver Station*) tipe SST di BSC (*Base Station Controller*) JEMBER”. Dari hasil penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan masukan yang positif untuk system pentanahan yang positif untuk system pentanahan BTS pada BSC JEMBER.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana perhitungan keselamatan pada sistem proteksi pentanahan pada BTS tipe SST kaki 4 di BSC Jember yang menurut standarisasi ?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penelitian ini tidak meluas terlalu jauh maka perlu adanya batasan-batasan. Adapun yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu

1. Penelitian hanya dilakukan di salah satu BTS pada BSC Jember.
2. Pembahasan hanya menganalisa system proteksi pentanahan peralatan pada BTS.
3. Tidak membahas system kelistrikan dan system kerja pada BTS.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan sistem proteksi pentanahan yang sesuai standarisasi di salah satu BTS Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Perusahaan :penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan yang positif kepada perusahaan penyedia jasa telekomunikasi.
2. Bagi akademis : penelitian ini dapat dijadikan sebagai saran pembelajaran serta memberikan informasi tambahan untuk mendapatkan pemahaman dan wawasan yang lebih mengenai pengamanan pembumian yang sesuai dengan ketentuan PUIL 2000.

1.6 Sistematika Penulisan

1. Observasi yaitu dengan cara mengamati secara langsung untuk mendapatkan data-data primer yang lebih akurat mengenai hal-hal yang menjadi objek penelitian.
2. Studi pustaka, merupakan metode untuk mengkaji teori yang diperlukan dari buku - buku referensi yang

menunjang dan berhubungan dengan judul yang diambil.

3. Pengumpulan Data merupakan metode untuk mengumpulkan data secara langsung dari tempat objek penelitian.
4. Data Hasil Penelitian merupakan hasil yang dapat dari tempat penelitian.
5. Perhitungan Dan Analisa merupakan cara menguji hasil penelitian menggunakan perhitungan rumus yang ada.
6. Kesimpulan Dan Saran merupakan hasil dari perhitungan dan analisa tersebut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Pentanahan (*grounding*)

Sistem pentanahan atau *grounding* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik, petir dll. Salah satu usaha untuk memperkecil tegangan permukaan tanah yaitu dengan cara menambahkan elektroda pentanahan yang ditanam ke dalam tanah.

Oleh karena lokasi peralatan listrik BTS (*Base Transceiver Station*) biasanya tersebar dan berada pada daerah yang

mempunyai struktur tanah berlapis-lapis maka diperlukan perencanaan pentanahan yang sesuai, dengan tujuan untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang kecil sehingga tegangan permukaan yang timbul tidak membahayakan baik dalam kondisi normal maupun saat terjadi gangguan ke tanah.

Tujuan utama dari adanya pentanahan untuk memperoleh potensial yang merata dalam struktur peralatan serta 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. Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang dialirkan ke tanah akan menimbulkan perbedaan tegangan pada permukaan tanah yang disebabkan oleh adanya tahanan tanah. Jika pada waktu gangguan itu terjadi seseorang berjalan di atas permukaan tanah sambil memegang atau menyentuh peralatan yang mengalami gangguan pada system pentanahannya, maka akan ada arus yang mengalir melalui tubuh orang tersebut yang berpotensi membahayakan jiwa.

Arus berbahaya ini dikenal sebagai arus kejut. Berat ringannya bahaya yang dialami seseorang tergantung pada besarnya arus listrik dan lamanya arus tersebut

mengalir. Apabila arus yang melewati tubuh manusia lebih besar dari arus yang mampu ditoleransi otot dapat mengakibatkan orang mengalami pingsan bahkan dalam waktu yang lebih lama dapat menyebabkan kematian, Hal ini disebabkan arus tersebut mempengaruhi fungsi kerja jantung sehingga menyebabkan peredaran darah berhenti.

2.1.1 Karakteristik Pentanahan

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan sistem pentanahan yang akan digunakan. Sesuai dengan tujuan pentanahan bahwa arus gangguan harus secepatnya terdistribusi secara merata ke dalam tanah, maka penyelidikan tentang karakteristik tanah sehubungan dengan pengukuran tahanan dan tahanan jenis tanah merupakan faktor penting yang sangat mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan. Pada kenyataannya tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya dan faktor faktor lain.

Untuk memperoleh harga tahanan jenis tanah yang akurat diperlukan pengukuran secara langsung pada lokasi pembangunan 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*). Pada pemasangan sistem pentanahan dalam suatu lokasi pembangunan, tidak jarang peralatan pentanahan tersebut ditanam pada dua atau lebih lapisan tanah yang berbeda yang berarti bahwa tahanan jenis tanah di tempat itu tidak sama. Apabila lapisan tanah pertama dari sistem pentanahan mempunyai tahanan jenis sebesar p_1 sedangkan lapisan bawahnya dengan tahanan jenisnya adalah p_2 , maka diperoleh faktor refleksi (K) seperti pada persamaan :

$$K = \frac{p_2 - p_1}{p_2 + p_1} \dots\dots\dots (1.1)$$

Dimana :

K = factor refleksi

p = jenis tanah

Dari persamaan di atas memungkinkan faktor refleksi K berharga positif atau negatif.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tahanan jenis tanah yaitu :

1. Temperatur
2. Gradien tegangan
3. Besarnya arus
4. Kandungan air
5. Kandungan bahan kimia.

Kadangkala pada proses penanaman elektroda pentanahan memungkinkan diperoleh data kelembaban dan temperatur tanah yang bervariasi, untuk hal seperti ini

harga tahanan jenis tanah harus diambil dari keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin. Berdasarkan harga inilah dibuat suatu perencanaan pengetanahan.

Nilai tahanan jenis tanah (r) sangat tergantung pada tahanan tanah (R) dan jarak antara elektroda-elektroda yang digunakan pada waktu pengukuran. Pengukuran ini perlu dilakukan pada beberapa tempat yang berbeda guna memperoleh nilai reratanya. Nilai rerata tahanan jenis dari dua lapis tanah dimodelkan sebagai berikut :

$$Rho_{av} = p_1 \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{d} \left[\frac{2a}{\sqrt{(1+(2nH/a)^2)}} - \frac{a}{\sqrt{(1+(2nH/2a)^2)}} \right] \right\} \dots\dots\dots (1.2)$$

Dimana :

Rho_{av} : tahanan jenis rata-rata dua lapis tanah (Ohm-m)

p_1 : tahanan jenis tanah lapisan pertama (Ohm-m)

a : jarak antara elektroda (meter)

h : ketebalan lapisan tanah bagian pertama (meter)

K : koefisien refleksi

d : diameter elektroda (meter)

n : jumlah pengamatan (sampel) tiap lapisan tanah yang diamati

Perbedaan tahanan jenis tanah akibat iklim biasanya terbatas sampai kedalaman beberapa meter dari permukaan tanah, selanjutnya pada bagian yang lebih dalam secara praktis akan konstan.

2.1.3 Konduktor Pentanahan

Konduktor adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.

Bahan-bahan yang termasuk jenis konduktor ini di antaranya besi, baja, tembaga, dan nikel. Konduktor yang digunakan untuk pentanahan harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

- Memiliki daya hantar jenis (*conductivity*) yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang berbahaya.
- Memiliki kekerasan (kekuatan) secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
- Tahan terhadap peleburan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena *magnitude* arus gangguan dalam waktu yang lama.
- Tahan terhadap korosi.

Dari persamaan kapasitas arus untuk elektroda tembaga yang dianjurkan PUIL 2000, Onderdonk menemukan suatu persamaan :

$$A = I \sqrt{\frac{33t}{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}} \dots\dots\dots(1.3)$$

Dimana :

A : penampang konduktor (circular mills)
 I : arus gangguan (Ampere)
 t : lama gangguan (detik)
 T_m : suhu maksimum konduktor yang di izinkan (° C)

T_a : suhu sekeliling tahunan maksimum (° C)

Persamaan di atas dapat digunakan untuk menentukan ukuran penampang minimum dari konduktor tembaga yang dipakai sebagai kisi-kisi pentanahan.

2.1.4 Penentuan Panjang Elektroda Pentanahan

Kebutuhan akan konduktor pentanahan dapat diperkirakan setelah mengetahui tata letak peralatan yang akan diketanahkan serta sistem pentanahan yang akan digunakan. Sebagai dasar pertimbangan dalam penentuan panjang konduktor pentanahan umumnya digunakan tegangan sentuh, bukan tegangan langkah dan tegangan pindah. Hal ini disebabkan karena tegangan langkah yang timbul di dalam instalasi yang terpasang pada umumnya lebih kecil daripada tegangan sentuh tersebut.

2.1.5 Penentuan Jumlah Batang Pengetanahan

Pada saat arus gangguan mengalir antara batang pengetanahan dengan tanah, tanah akan menjadi panas. Suhu tanah harus tetap di bawah 100 ° C untuk menjaga jangan sampai terjadi penguapan air dan kandungan mineral dalam tanah yang menyebabkan naiknya tahanan jenis tanah.

Kerapatan arus yang diizinkan pada permukaan batang pentanahan dapat dihitung dengan persamaan :

$$i = 3.1414 \times 10^{-5} d \sqrt{\frac{\delta \theta}{\rho t}} \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana :

- i : kerapatan arus yang diizinkan (Ampere/cm)
- d : diameter batang pengetanahan (mm)
- δ : panas spesifik rata-rata tanah ($\pm 1.75 \times 10^6$ watt-detik tiap m^2 tiap $^{\circ}C$)
- θ : kenaikan suhu tanah yang diizinkan ($^{\circ}C$)
- ρ : tahanan jenis tanah (Ohm-m)
- t : lama waktu gangguan (detik)

Seluruh panjang batang pentanahan yang diperlukan dihitung dari pembagian arus gangguan ke tanah dengan kerapatan arus yang diizinkan, sedang jumlah minimum batang pentanahan yang diperlukan diperoleh dari pembagian panjang total dengan panjang satu batang, atau dalam bentuk lain dituliskan sebagai berikut :

$$N_{\min} = \frac{I_g}{L_{31} \times i} \dots\dots\dots (1.5)$$

Dimana :

- $N_{\min}$: jumlah minimum batang pentanahan yang diperlukan
- I_g : arus gangguan ke tanah (Ampere)
- i : kerapatan arus yang diizinkan (Ampere/cm)

2.2 Jenis – Jenis System Pentanahan

Dalam pemasangannya, sistem pentanahan terbagi menjadi beberapa tipe

tergantung dari kebutuhan dan tingkat keamanan serta regulasi yang berlaku pada suatu wilayah. Ketika akan mendesain suatu sistem instalasi, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan tipe pentanahan yang akan digunakan untuk instalasi tersebut. Terdapat beberapa tipe pentanahan berdasarkan standar PUIL 2000 yaitu:

- a. TN (*Terra Neutral System*), terdiri dari 3 jenis skema, yaitu: TN-C, TN-C-S, dan TN-S
- b. TT (*Terra Terra*)
- c. IT (*Impedance Terra*)

2.2.1 TN-C (*Terra Neutral-Combined*)

Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman disatukan pada system secara keseluruhan. Semua bagian sistem mempunyai saluran PEN yang merupakan kombinasi antara saluran N dan PE. Disini seluruh bagian system mempunyai saluran PEN yang sama.

2.2.2 TN-S (*Terre Neutral - Separate*)

Pada sebuah sistem TN-S, bagian netral sumber energi listrik terhubung dengan bumi pada satu titik sehingga bagian netral pada sebuah instalasi konsumen terhubung langsung dengan netral sumber listrik. Tipe ini cocok pada instalasi yang dekat dengan sumber energi listrik, seperti pada konsumen

besar yang memiliki satu atau lebih HV/LV *transformer*

2.2.3 TN-C-S (*Terre Neutral - Combined - Separate*)

Sebuah sistem TN-C-S, memiliki saluran netral dari peralatan distribusi utama (sumber listrik) yang terhubung dengan bumi dan pembumian pada jarak tertentu disepanjang saluran netral, model ini biasanya dikenal sebagai *Protective Multiple Earthing* (PME). Dengan sistem ini konduktor netral dapat berfungsi untuk mengembalikan arus gangguan pentanahan yang mungkin timbul disisi konsumen kesumber listrik. Pada sistem ini, instalasi peralatan pada konsumen tinggal menghubungkan pentanahannya pada terminal (saluran) yang telah disediakan oleh sumber listrik.

2.2.4 TT (*Double Terre*)

Pada sistem TT, bagian netral sumber listrik tidak terhubung langsung dengan pembumian netral pada sisi konsumen. Pada sistem TT, konsumen harus menyediakan koneksi mereka sendiri ke bumi, yaitu dengan memasang elektroda bumi yang cocok untuk instalasi tersebut.

2.2.5 IT (*Impedance Terra*)

Saluran Tanah melalui Impedansi Sistem rangkaian tidak mempunyai hubungan

langsung ke tanah namun melalui suatu impedansi, sedangkan bagian konduktif instalasi dihubungkan langsung ke elektroda pentanahan secara terpisah. Sistem ini juga disebut sistem pentanahan impedansi. Ada beberapa jenis sambungan titik netral secara tidak langsung ini, yaitu melalui reaktansi, tahanan dan kumparan petersen. Antara ketiga jenis media sambungan ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. Namun, secara teknis jenis sambungan kumparan petersen yang mempunyai kinerja terbaik. Permasalahannya adalah harganya yang mahal.

2.3 Elektroda Pentanahan

Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low-impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut.

Menurut PUIL 2000, tujuan system pentanahan adalah :

- Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan

- Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor system dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut. Pada dasarnya ada 3 (tiga) jenis elektroda yang digunakan pada sistem pentanahan yaitu :

- Elektroda Batang
- Elektroda Pelat
- Elektroda Pita

Elektroda – elektroda ini dapat digunakan secara tunggal maupun gabungan ketiga jenis dalam suatu sistem.

2.3.1 Elektroda Batang

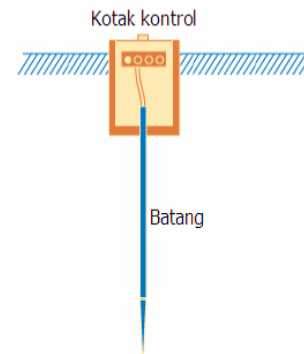
Elektroda batang ialah elektroda dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang ditancapkan ke dalam tanah. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, *stainless steel* atau *galvanised steel*. Perlu diperhatikan pula dalam pemilihan bahan agar terhindar dari *galvanic couple* yang dapat menyebabkan korosi.

Ukuran Elektroda :

diameter 5/8 ” - 3/4 ”

Panjang 4 feet – 8 feet

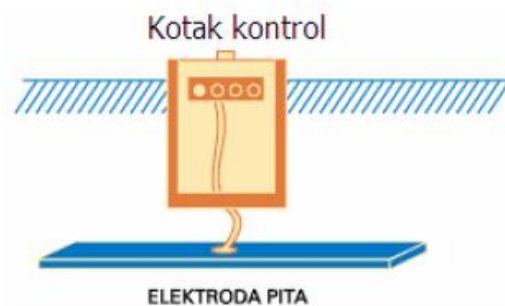
Elektroda batang ini mampu menyalurkan arus *discharge* petir maupun untuk pemakaian pentanahan yang lain.



Gambar 2.1. System Pentanahan Elektroda Batang

2.3.2 Elektroda Pelat

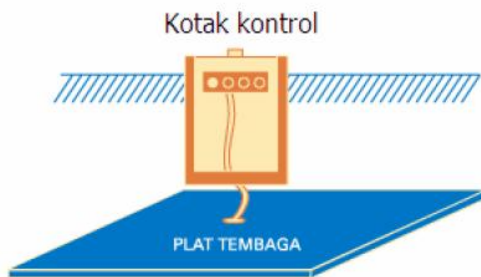
Bentuk elektroda pelat biasanya empat persegi atau empat persegi panjang yang terbuat dari tembaga, timah atau pelat baja yang ditanam didalam tanah. Cara penanaman biasanya secara vertikal, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertical. Penanaman secara vertical bertujuan agar lebih praktis dan ekonomis.



Gambar 2.2. System Pentanahan Elektroda Pelat

2.3.3 Elektroda Pita

Elektroda pita jenis ini terbuat dari bahan metal berbentuk pita atau juga kawat BCC yang di tanam di dalam tanah secara horizontal sedalam ± 2 feet. Elektroda pita ini bisa dipasang pada struktur tanah yang mempunyai tahanan jenis rendah pada permukaan dan pada daerah yang tidak mengalami kekeringan. Elektroda pita cocok untuk daerah – daerah pegunungan



Gambar 2.3. System Pentanahan Elektroda Pita

2.3.4 Jenis Elektrode Lain

Jika jaringan pipa air minum dari logam dipakai sebagai elektroda bumi maka harus diperhatikan bahwa resistansi pembumiannya menjadi besar akibat digunakannya pipa sambungan atau flens dari bahan isolasi. Resistansi pembumian yang terlalu besar harus diturunkan dengan menghubungkan jaringan tersebut dengan electrode tambahan (misalnya selubung logam kabel). Jika pipa air minum dari logam dalam

rumah atau gedung dipakai sebagai penghantar bumi, ujung pipa kedua sisi meteran air harus dihubungkan dengan pipa tembaga yang berlapis timah dengan ukuran minimum 16 mm atau dengan pita baja digalvanisasi dengan ukuran minimum 25 mm² (tebal pita minimum 3 mm).

Selubung logam kabel yang tidak dibungkus dengan bahan isolasi yang langsung ditanam dalam tanah boleh dipakai sebagai elektrode bumi, jika selubung logam tersebut dikedua sisi sambungan yang dihubungkan dengan penghantar yang konduktivitas minimalnya sama dengan selubung logam tersebut dan luas penampang penghantar itu minimal sebagai berikut :

- 4 mm² tembaga untuk kabel dengan penampang inti sampai 6 mm;
- 10 mm² tembaga untuk kabel dengan penampang inti 10 mm² atau lebih.

2.4 Resistansi Pentanahan

Resistansi pentanahan dari elektroda bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektrode. Resistansi pembumian suatu elektrode harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut penghantar yang menghubungkan setiap elektrode bumi atau susunan elektrode bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepaskan. Resistansi pembumian total dari

suatu instalasi pembumian belum dapat ditentukan dari hasil pengukuran tiap elektrode. Jika elektrode pita hanya digunakan untuk mengatur gradien tegangan, luas penampang minimum pada baja digalvanisasi atau berlapis tembaga harus 16 mm dan tembaga 10 mm..

Jika kondisi tanah sangat korosif atau jika digunakan elektroda baja yang tidak digalvanisasi, dianjurkan untuk menggunakan luas penampang atau tebal sekurang-kurangnya 150% dari ukuran di atas. Resistansi pentanahan sebagian besar tergantung dari panjang dan ukuran penampangnya. Elektroda batang dimasukan tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya disesuaikan dengan resistansi pentanahan yang diperlukan. Tahanan elektroda pembumian ke tanah tidak hanya tergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda, tetapi juga pada tahanan tanah.

Tahanan tanah merupakan faktor penting yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa pasak harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah (Abdul Hadi, 1994). Nilai resistansi jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Resistansi Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah R_{ϵ} MØ	Tahanan Pentanahan					
		Kedalaman Electroda ke tanah (Meter)			Potongan Pentanahan (Meter)		
		3	6	10	5	10	20
Tanah lembab, seperti rawa	30	10	5	3	12	6	3
Tanah Pertanian, tanah liat	100	33	17	10	40	20	10
Tanah liat berpasir	150	50	25	15	60	30	15
Tanah lembab berpasir	300	66	33	20	80	40	20
Campuran 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Kerikil lembab	500	160	80	48	200	100	50
Tanah kering berpasir	1000	330	165	100	400	200	100
Kerikil kering	1000	330	165	100	400	200	100
Tanah berbatu	30.000	1000	500	300	1200	600	300
Batu karang	10^7	-	-	-	-	-	-

2.5 PETIR

Petir adalah fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi, fenomena ini terjadi bersamaan dengan hujan air seperti di Indonesia atau hujan es seperti di negara-negara eropa. Seringkali petir dimulai dengan munculnya lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang kearah permukaan bumi dan kemudian diikuti suara yang menggelegar dan efeknya akan fatal bila mengenai semua benda fisik dan mahluk hidup dimuka bumi.

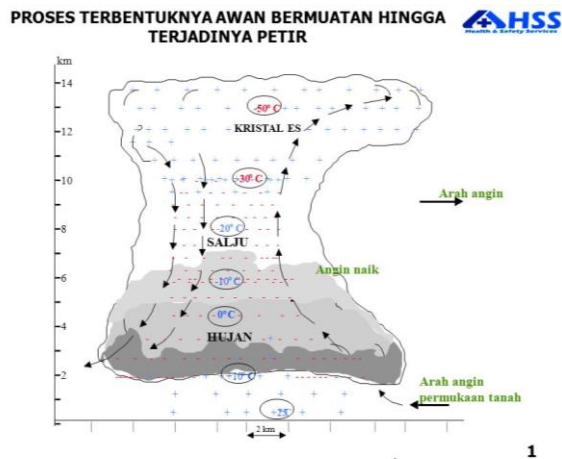
2.5.1. Proses Terjadinya Petir

Proses terjadinya sambaran petir dibagi menjadi empat tahap, yaitu :

1. Pembentukan Awan Petir

Pada lapisan atmosfer bertebaran gumpalan-gumpalan awan yang bermuatan listrik. Awan tersebut dapat terbentuk jika pada suatu daerah terdapat unsur-unsur yang diperlukan, diantaranya: udara yang lembab

(konsentrasi air banyak), gerakan angin ke atas dan terdapat inti higroskopis. Proses pembentukan awan ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.4. Pembentukan awan bermuatan

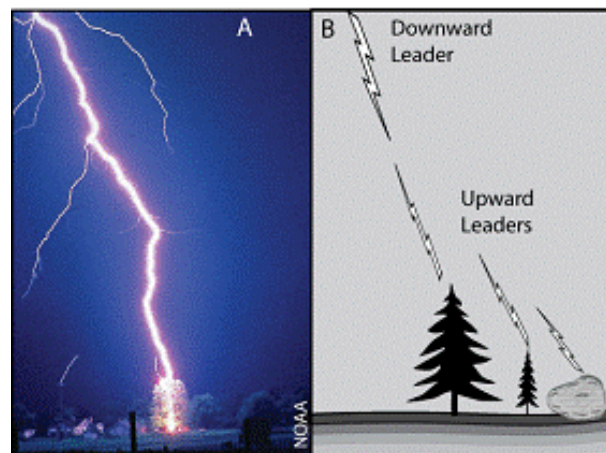
Muatan awan bawah negatif akan menginduksikan permukaan tanah menjadi positif maka terbentuklah medan listrik antara awan dan tanah (permukaan bumi). Semakin besar muatan yang terdapat diawan semakin besar pula medan listrik yang terjadi dan bila kuat medan tersebut telah melebihi kuat medan tembus udara ke tanah maka akan terjadi pelepasan atau peluhan muatan listrik sesuai hukum kelistrikan, peristiwa ini disebut kilat atau petir (Sambaran Petir) .

Petir terjadi akibat perpindahan muatan negatif (elektron) menuju ke muatan positif (proton). Para ilmuwan menduga lompatan bunga api listriknya sendiri terjadi, ada beberapa tahapan yang biasanya dilalui. Pertama adalah pemampatan muatan listrik

pada awan bersangkutan. Umumnya, akan menumpuk di bagian paling atas awan adalah listrik muatan negatif; di bagian tengah adalah listrik bermuatan positif; sementara di bagian dasar adalah muatan negatif yang berbaur dengan muatan positif. Pada bagian bawah inilah petir biasa berlontaran.

2. *Donward Leader*

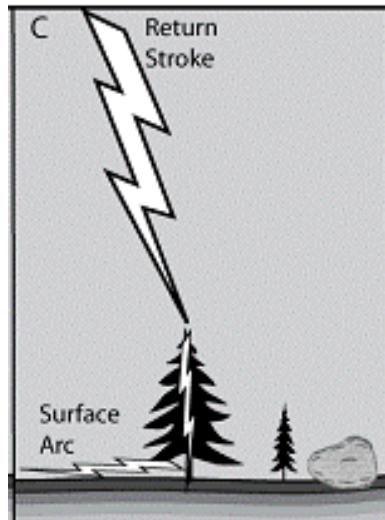
Proses ionisasi pada awan petir tersebut akan menghasilkan medan listrik antara awan petir dan bumi. Apabila medan listrik yang dihasilkan mencapai level *breakdown voltage* kira-kira 100 juta volt terhadap bumi, maka akan terjadi pelepasan elektron dari awan petir ke bumi (*Downward Leader*). Pelepasan muatan elektron ini pada umumnya berupa lidah-lidah petir yang bercahaya yang turun bertahap menuju permukaan bumi dengan kecepatan rambat rata-rata 100 - 800 km/detik. Bentuk downward leader ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2.5. Downward Leader

3. Upward Leader

Terbentuknya *downward leader* dengan kecepatan yang tinggi ini menyebabkan naiknya medan listrik yang dihasilkan antara ujung lidah petir tersebut dengan permukaan bumi. Sehingga menyebabkan terbentuknya Upward Leader yang berasal dari puncak-puncak tertinggi dari permukaan bumi. Proses ini berlanjut hingga keduanya bertemu di suatu titik ketinggian tertentu, yang dikenal dengan Striking point. Dengan demikian maka lengkaplah sudah pembentukan kanal ionisasi antara awan petir dan bumi, dimana kanal ionisasi ini merupakan saluran udara yang memiliki konduktivitas yang tinggi bagi arus petir yang sesungguhnya.

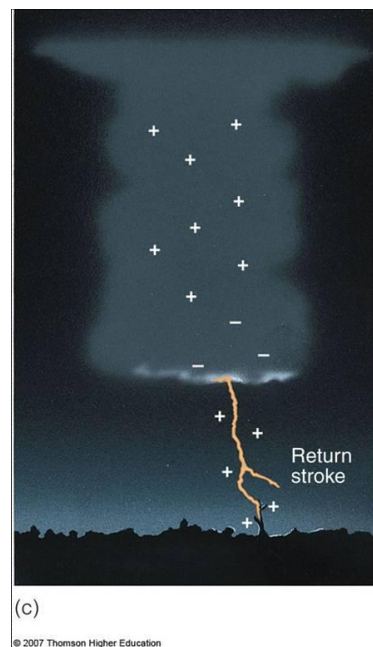


Gambar 2.6. Upward Leader

4. Return Stroke

Return Stroke yang diistilahkan dengan sambaran balik merupakan arus petir

yang sesungguhnya yang mengalir dari bumi menuju awan petir melalui kanal ionisasi yang sudah terbentuk di atas. Oleh karena kanal udara yang terionisasi ini memiliki konduktivitas yang tinggi, maka kecepatan rambat arus petir ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan rambat dari step leader, yaitu $\pm 20.000 - 110.000$ km/detik.



Gambar 2.7. Return Stroke

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur dan selama pergerakannya akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial

antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.

2.5.2. Jenis-Jenis Petir

Jenis-jenis petir dapat digolongkan atas interaksi antara ion-ion yang bermuatan negatif dan positif yaitu sebagai berikut :

a. Awan Dengan Awan

Petir antar awan terjadi antara dua buah awan atau lebih yang disebabkan karena interaksi ion-ion bermuatan negatif dengan ion-ion yang bermuatan positif.

b. Dalam Awan Itu Sendiri

Hal ini bisa terjadi karena pada suatu awan dapat dibagi atas tiga ruang. Ruang pertama merupakan kumpulan ion-ion yang bermuatan listrik negatif. Ruang ini terdapat pada dasar atau bagian atas dari awan. Ruang

kedua merupakan ruangan yang diisi oleh ion-ion yang bermuatan listrik positif. Ruang ini bisa didasar atau bagian atas dari awan. Sedangkan ruang ketiga merupakan ruangan antara ruang ion-ion yang bermuatan listrik negatif dan ion-ion yang bermuatan listrik positif. Pada ruang ini terjadi tubrukan antara listrik yang berbeda muatan sehingga terjadi percikan api (petir). Sering kali percikan api yang terjadi di dalam suatu awan tidak terlihat oleh mata telanjang. Hal ini karena percikan api yang terjadi antara ion yang berbeda muatan terlalu kecil (hanya secercah cahaya).

c. Awan dengan tanah (bumi)

Petir yang terjadi antara awan dengan bumi merupakan petir yang bisa diamati langsung dengan mata telanjang dan merupakan jenis petir yang sering menyebabkan kerusakan baik pada manusia maupun peralatan elektronik. Prinsip atau proses terjadinya petir ini hampir sama dengan jenis petir lainnya, yaitu berupa interaksi antara ion-ion yang bermuatan listrik yang berbeda.

Pada jenis petir ini, ion-ion yang bermuatan listrik positif berasal dari bumi dan ion yang bermuatan listrik negatif berasal dari awan, atau sebaliknya. Kebanyakan sambaran petir awan-bumi membawa energi negatif ke permukaan tanah, namun ada pula diantaranya yang membawa energi positif. Sambaran

energi positif lebih jarang terjadi dan itupun hanya di kawasan yang lebih tinggi dari awan petirnya. Banyak meteorologis meyakini bahwa sambaran energi positif ini menandakan adanya badai yang kadang mirip tornado.

2.5.4 Jenis Kerusakan Yang Diakibatkan Petir :

a. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

- Terhadap manusia. Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia maka organ-organ tubuh yang dilalui oleh aliran tersebut akan mengalami kejutan. Arus listrik dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung. Selain itu efek rangsang panas akibat arus petir pada organ tubuh dapat juga melumpuhkan jaringan-jaringan otot bahkan dapat menghanguskan tubuh manusia.
- terhadap bangunan. Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui gedung, yang mana besarnya dapat mencapai 200 kA, maka kerusakan yang terjadi adalah kerusakan termis dan mekanis. Bahan bangunan yang paling parah apabila terkena sambaran petir adalah yang

bersifat kering, isolasi maupun semi-isolasi.

b. Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan ini sulit diidentifikasi dengan jelas karena petir yang menyambar pada satu titik lokasi sehingga hantaran induksi melalui aliran listrik/kabel PLN, telekomunikasi, pipa pam dan peralatan besi lainnya dapat mencapai 1 km dari tempat petir tadi terjadi. Sehingga tanpa disadari dengan tiba-tiba peralatan komputer, pemancar TV, radio, PABX terbakar tanpa sebab yang jelas. Contoh : Petir menyambar tiang PLN lokasi A sehingga tegangan/arusnya mencapai dan merusak peralatan rumah sakit dan peralatan telekomunikasi di lokasi B karena jarak tiang PLN (A) ke rumah sakit dan peralatan telekomunikasi tersebut (B) adalah kurang atau sama dengan 1 km

2.5.4 Parameter Petir

Setiap sambaran petir dapat diuraikan secara matematis dan kelistrikan. Hal tersebut diperlukan guna mengetahui sejauh mana akibat pada obyek sambaran yang ditimbulkan masing-masing parameter tersebut dan untuk menentukan mutu pengamanan yang harus didesain. jenis-jenis parameter petir ditampilkan pada Tabel 2.6

Tabel 2.2. Jenis-jenis parameter petir

Parameter petir		Tingkat proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan total	Q_{total} (C)	300	225	150
Muatan impuls	Q_{impuls} (C)	100	75	50
Energy spesifik	W/R (kJ/ Ω)	1000 0	560 0	250 0
Kecuraman rata-rata	$Di/dt_{30/90}$ % (kA/ μ s)	200	150	100

a. Arus Petir Maksimum

Arus Petir maksimum (I_m) menentukan tinggi tegangan jatuh (U_m) pada tahanan pentanahan obyek yang disambar,

$$U_m = I_m \times R \text{ (Volt)} \dots \dots \dots (1.6)$$

Dimana:

I_m = Arus petir puncak atau maksimum;
 R = Tahanan tanah

Akibat dari parameter ini menimbulkan tegangan jatuh dan perbedaan tegangannya dapat merusak perangkat. Arus puncak tersebut dapat juga digunakan untuk menentukan tingkat proteksi yang akan digunakan. Salah satu contoh kasus yang diakibatkan oleh parameter ini adalah

peristiwa sambaran Petir STO Simpang Lima Semarang 25 Desember 1995 jam 16.00 WIB.

b. Muatan Petir Atau Muatan Total (Q)

Muatan (Q) menentukan jumlah Energi (W) yang terwujud pada titik sambaran dan setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi. Sesuai dengan persamaan :

$$Q = \int i \cdot dt \dots \dots \dots (1.7)$$

$$W = Q \cdot V_{a,k} \dots \dots \dots (1.8)$$

Dimana;

i = Arus petir

$V_{a,k}$ = Tegangan jatuh anoda katoda,

Pengaruh Q dapat melelehkan logam dan dapat menimbulkan bunga api. Energi yang terjadi pada kaki busur listrik titik sambaran petir berbanding lurus antara muatan petir (Q) dan tegangan jatuh (V). Parameter ini berguna untuk menentukan dimensi penangkal petir. Salah satu contoh kasus akibat parameter tersebut adalah kasus kilang minyak Cilacap yang membakar panel listrik dan kabel telepon.

c. Energi Spesifikasi Arus Petir Atau Kuadrat Impulse Dari Arus (E).

Energi (E) menentukan pemanasan serta gaya impulse sesuai dengan persamaan :

$$E = \int i^2 dt \dots \dots \dots (1.9)$$

Dimana;

i = Arus petir

E = Energi yang timbul

t = waktu

Pengaruh parameter ini adalah dapat mengakibatkan efek mekanik pada sambaran dan menimbulkan kenaikan temperatur yang mengakibatkan pemanasan. Parameter ini digunakan untuk menentukan dimensi penangkal petir. Akibat sambaran ini dapat mematahkan metal, meratakan tembok, dsb. Contoh kasusnya yaitu peristiwa 8 Juni 1979 di Stasiun Bumi Cibinong, menghancurkan head penangkal petir diatas tiang antenna tingi 90 m, dan yang meratakan tembok di STO Ketanggungan pada tanggal 12 Maret 1996.

d. Kecuraman Maksimum Dari Arus Petir.

Petir juga menimbulkan tegangan induksi (U) sesuai persamaan :

$$U = L = \frac{di}{dt} \text{ (Volt)} \dots\dots\dots (1.10)$$

Dimana;

L = Induktansi metal/kabel (henry)

di/dt = laju kenaikan arus terhadap waktu/kecuraman Arus Petir.

Pengaruh Parameter ini adalah dapat menyebabkan adanya tegangan drop induktif pada konduktor yang dilalui arus (bersifat induktif) serta adanya tegangan induktif pada rangkaian loop karena koupling magnetik. Parameter ini digunakan berkaitan dengan penentuan dimensi konduktor Pengaman Petir. Akibat dari parameter ini menimbulkan tegangan induksi dan merusak perangkat, sebagai contoh adalah peristiwa tanggal 7

April 1995 di STO Jember, petir mengakibatkan adanya loop di STDI.

2.6. Alat Earth Tester

Earth Tester adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari grounding, Besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pentanahan dalam sistem pengaman dalam instalasi listrik. Untuk mengetahui besar tahanan tanah pada suatu area digunakan alat ukur analog. Hasil pengukuran analog berpotensi terjadinya kesalahan dalam pembacaan hasil pengukuran. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dirancanglah suatu alat ukur tahanan tanah digital yang memiliki kemudahan dalam pembacaan nilai tahanan yang diukur.

Perancangan alat ukur tahanan tanah digital menggunakan tiga batang elektroda yang ditanahkan yaitu elektroda E (*Earth*), elektroda P (Potensial) dan elektroda C (*Current*). Tujuan penggunaan tiga batang elektroda tersebut adalah untuk mengetahui sejauh mana tahanan dapat mengalirkan arus listrik. Alat ukur tahanan tanah ini terdiri dari beberapa blok diagram rangkaian, antara lain rangkaian osilator, rangkaian tegangan input, rangkaian arus input, mikrokontroler dan rangkaian penampil. Sebelum hasil pengukuran di tampilkan ke LCD, data diolah dirangkaian mikrokontroler. Keuntungan

dengan menggunakan mikrokontroler ini yaitu keluaran dari rangkaian input ini sebelum masuk ke LCD bisa diatur. Sehingga, perancangan alat ukur tahanan tanah digital ini dapat mengukur tahanan tanah dengan teliti dan akurat. Hasil pengukuran tahanan tanah juga bergantung pada kondisi tanah itu sendiri. Pengukuran tahanan tanah dilakukan dengan membandingkan alat ukur rakitan dengan alat ukur yang sudah ada dengan merek Kyoritsu Earth Tester Digital. Selisih nilai pengukuran antara alat ukur rakitan dengan alat ukur yang sudah ada adalah sebesar 0,31 ohm.



Gambar 2.8 Alat Eart Tester

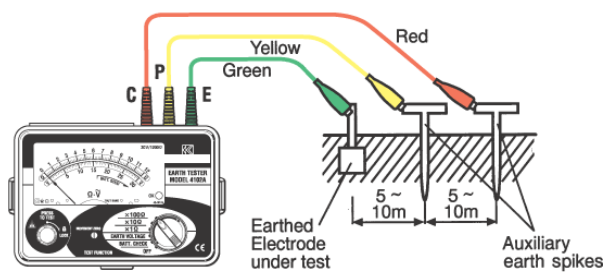
2.6.1 Cara Mengukur Pentanahan dengan *Earth Tester*

Berikut ini adalah langkah-langkah pengukuran pentanahan menggunakan *earth tester* :

1. Periksa kondisi kabel grounding BC yang akan diukur. Bila kotor bersihkan dahulu permukaan kabel tersebut dengan lap bersih / kertas amplas, agar jepitan kabel probe dapat menyentuh langsung bagian permukaan tembaga yang sudah bersih dan untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan pada alat ukur.
2. Periksa kondisi dan perlengkapan penunjang alat ukur digital earth resistance digital.
3. Earth Tester mempunyai tiga kabel diantaranya adalah kebel merah, kuning dan hijau.
4. Silahkan hubungkan kabel ke Earth Tester dengan warna yang sudah di tentukan pada alat ukur.
5. Hubungkan kabel merah setra kuning ke tanah dengan masing-masing jarak kurang lebih 5-10 meter dari pentanahan atau grounding.
6. Hubungkan juga kabel hijau ke grounding yang sudah terpasang.
7. Lakukan pengukuran grounding (tahanan pentanahan) dengan memutar knob alat ukur pada poisisi 200 ohm atau 2000 ohm tergantung dari kondisi tanah pada area setempat yang akan diukur.
8. Kemudian tekan tombol tester untuk mengetahui resistansi grounding biasanya berwarna kuning/merah dan pada displai

alat ukur akan muncul nilai tahanan pentanahan.

9. Selesai, nilai resistansi grounding sudah di ketahui.



Gambar 2.9 Pengukuran Eart Tester

2.7 Proteksi Terhadap Petir

Dalam definisi proteksi atau perlindungan sambaran petir terdapat 2 sistem perlindungan penangkal petir yaitu :

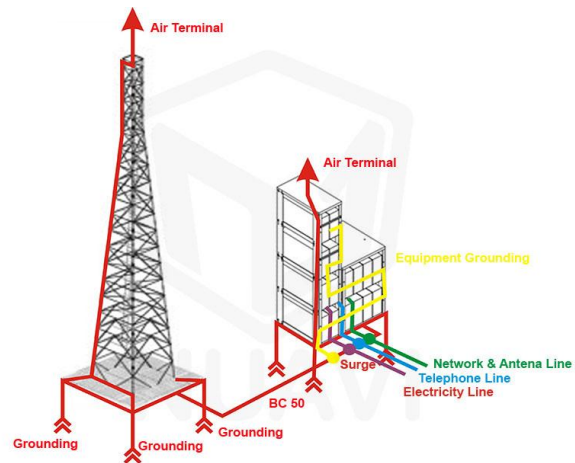
➤ Penangkal Petir Eksternal

Eksternal Protection adalah suatu sistem anti petir yang dirancang dan di pasang pada atap atau bangunan tertinggi pada suatu bangunan dengan bahasa umum yang beredar di masyarakat adalah penangkal petir. Instalasi penyalur petir sangat sederhana, ini adalah beberapa bagian dari instalasi penyalur petir:

- Air terminal
- Kabel penyalur
- Grounding system

Perlindungan eksternal penangkal petir berfungsi untuk menerima sambaran langsung / *Direct Strike* dari sambaran petir. Sambaran langsung tersebut berakibat pada fisik struktur ataupun aset luar serta sangat berbahaya

karena dapat menimbulkan kerusakan seperti kebakaran dan korban jiwa manusia, bentuk penangkal petir eksternal ditampilkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.10. Penangkal Petir eksternal

➤ Penangkal Petir Internal

Perlindungan Internal lebih cenderung pada arus lemah yang dihasilkan dari Sambaran Petir dan tidak tersalur dengan baik kedalam grounding sistem, sambaran Petir langsung dapat mengakibatkan medan magnet yang sangat kuat dan merambat pada sistem instalasi kelistrikan suatu gedung, medan magnet tersebut sering dikatakan Induksi bagi para ahli listrik, untuk mengurangi dampak induksi yang disebabkan medan elektromagnetik disarankan untuk memasang sistem internal proteksi atau surrge arraster baik untuk listrik, LAN maupun PABX, atau peralatan elektronik lainnya seperti CCTV, DVR, SERVER dan lain-lain yang hanya

menggunakan arus lemah dalam pengoperasiannya. Sistem instalasi proteksi internal hampir menyerupai sistem penangkal petir eksternal. Bentuk penangkal petir internal ditampilkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.11 Surge Arraster

2.7.3 Metode Umum Instalasi Proteksi Penangkal Petir Konvensional

Petunjuk atau metode cara instalasi proteksi penangkal petir dibawah ini merupakan metode penangkal petir yang umum dipakai atau dirancang untuk sistem proteksi penangkal petir di bangunan gedung.

Nilai grounding yang paling aman dalam sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional haruslah mendekati angka nol. Kelemahan pada system ini adalah seringkali pemasangan atau instalasi sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional, mengabaikan nilai grounding yang tentunya menyebabkan

sistem proteksi penangkal petir radius maupun sistem proteksi penangkal petir konvensional tidak bisa bekerja dengan benar. Bentuk proteksi penangkal petir konvensional ditampilkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.12 Penangkal Petir Konvensional

2.7.4 Metode Umum Dalam Instalasi Proteksi Penangkal Petir Elektrostatik

Pemasangan alat penangkal petir dan cara kerja penangkal petir elektrostatik berfungsi memberikan saluran elektrik dari atas bangunan ke tanah menggunakan kawat tembaga dengan tujuan bila ada sambaran petir yang mengenai atas bangunan maka arus petir bisa mengalir ke bumi atau ground dengan baik. Standart kabel yg di gunakan adalah minimal 50 mm” (SNI), untuk memilih kabel di bawah 50 mm” tidak di sarankan walau kenyataan di lapangan banyak di gunakan dan dipastikan penangkal petir tersebut tidak akan bekerja efektif dan efisien. Ingat cara kerja penangkal petir elektrostatik

yang bekerja sempurna harus mempunyai nilai hambatan jauh dibawah satu ohm atau mendekati nilai nol ohm.

cara kerja penangkal petir elektrostatis yang benar adalah sebagai berikut. Langkah pertama yang harus di lakukan adalah memilih jalur penurunan kabel, ada 2 hal penting dalam pemilihan jalur kabel ini. Pertama jalur kabel tembaga penangkal petir dan cara kerja penangkal petir elektrostatis yang paling pendek dengan pertimbangan lebih hemat dan hambatan kabel tembaga yang paling kecil, hal kedua yang juga harus diperhatikan adalah diusahakan sedikit mungkin belokan/tekukan agar tidak terjadi loncatan keluar jalur kabel (Site Flasing) dan pekerjaan pemasangan penangkal petir dan cara kerja penangkal petir elektrostatis dimulai dari bawah / ground.

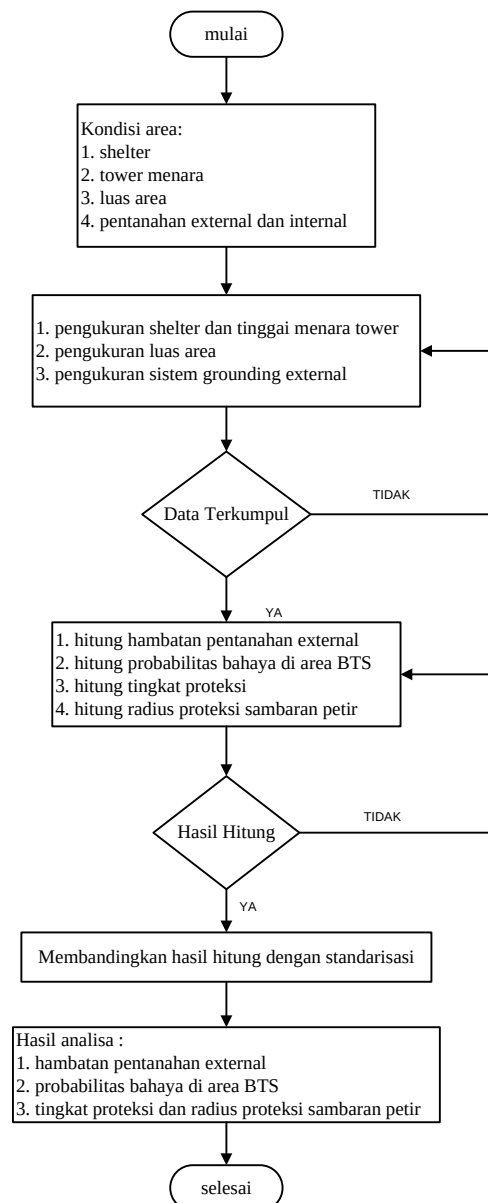


Gambar 2.13 Penangkal Petir Elektrostatis

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Kegiatan Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir (flowchart) dari kegiatan penelitian tugas akhir yang ditampilkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Blok Kegiatan Penelitian

3.2 Kondisi Existing Bangunan Dan Menara BTS



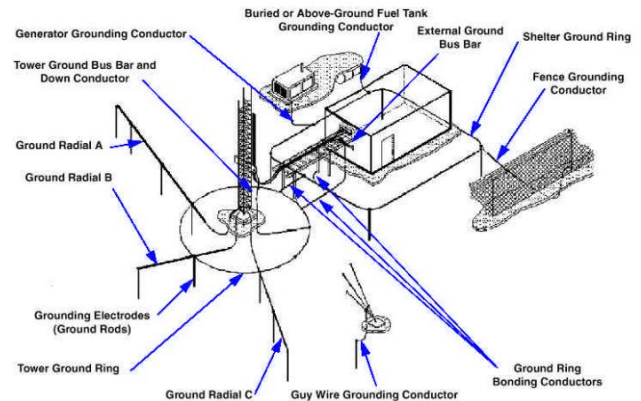
Gambar 3.2 Bangunan BTS tampak luar di salah satu jember

Pada gambar diatas merupakan BTS yang terletak di Jember. Area tower dibatasi oleh dinding yang terbuat secara permanen, hal ini dibuat untuk menghindari adanya aktifitas aktifitas disekitar BTS baik yang dilakukan oleh manusia atau binatang yang dapat merugikan pihak pengelola BTS. Area tower tersebut dijaga dan dipelihara dengan baik oleh petugas yang berjaga di tower tersebut dengan tujuan untuk menjaga estetika dari tower itu sendiri.

3.3 Kondisi System Pentanahan Pada Sisi Selter

Keseluruhan instalasi listrik khususnya system pentanahan yang ada dan terpasang pada sisi selter dihubungkan langsung ke sumur pentanahan yang telah ditanam secara

permanen. Secara umum terdiri dari *down conductor*, *chemical grounding rod*, dan *earth termination system*. Kondisi detil mengenai system pentanahan pada sisi selter ditampilkan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Typical Type Menjeri Xternal G Pembedatan Electrode System

Perangkat elektronik-telekomunikasi yang berada dalam shelter adalah sebagai berikut :

- Transmission Equipment (termasuk antena)
- Perangkat BTS
- Rectifier
- Main Distribution Panel

Perangkat elektronik pendukung yang berada dalam shelter adalah

- AC (air condition)
- Alarm

Table 3.1 Mode Input Power BTS

Nominal	Range	PSU	Daya (kw)
100-250V AC, 50-60 Hz	90-275 V AC, 45-65 Hz	PSU-AC	3.9KW / 58 KW
+ 24 DC	+ 20.5 - +29 V DC	PSU not needed	3.2 KW

-(48 – 60) V DC	-(40-72) V DC	PSU DC	3.8 KW
--------------------	------------------	--------	--------

AC power bekerja pada frekuensi 50 Hz dan 60 Hz $\pm$ 8%. Pengaman Surja menggunakan Arrester OBO V25-B/3+OBO V25 – B+C (N – PE) dan dikombinasikan dengan V20 C/3 + NPE PS SU atau PHONIX type Trabset BC/3 + 1 - 10FM yang dipasang antara jalur KWH meter PLN dengan Main Distribution Panel.

Table 3.2 Data-data kabel kaoksial dan lampu menara,
Power serta Pentanahan :

Jenis Kabel	Diameter Luar (mm)	Diameter Dalam (mm)	Jumlah	Keterangan
Andrew LDF5-75	24.892	5.588	6	Coax cable untuk antenna
Coax RGII (14AWG)	10.3	1.63	1	Coax cable untuk transmisi
NYFG BY (4x16)	22.6	2.257	1	Shielded cable
NYF (3x1,5)	11.2	0.691	2	Lamp site & OBL
A3C	9	4	9	Ground cable

3.4 Kebutuhan Perlindungan Sambaran Petir Menurut Standar

Besarnya kebutuhan akan system proteksi petir ditentukan dengan klasifikasi area tempat bangunan atau dengan menggunakan parameter hari guruh. Proteksi

petir harus dapat melindungi semua bagian yaitu bangunan, peralatan dan termasuk manusia di dalamnya terhadap kerusakan akibat sambaran petir. Penentuan besar kebutuhan perlindungan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar peraturan umum instalasi penangkal petir (PUIPP) dan standar nasional Indonesia (SNI-03-7015-2004).

1. Menurut Standar PUIPP

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir, *Nasional Fire Protection Association 780, International Electrotechnical Commission 1024-1-1*. Kebutuhan bangunan terhadap ancaman bahaya petir berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP). Jenis Bangunan yang perlu diberi penangkal petir dikelompokkan menjadi :

- Bangunan tinggi seperti gedung bertingkat, menara dan cerobong pabrik.
- Bangunan penyimpanan bahan mudah meledak atau terbakar, misalnya pabrik amunisi, gudang bahan kimia.
- Bangunan untuk kepentingan umum seperti gedung sekolah, stasiun, bandara dan sebagainya.

- d. Bangunan yang mempunyai fungsi khusus dan nilai estetika misalnya museum, gedung arsip negara.

Besarnya kebutuhan suatu bangunan terhadap instalasi proteksi petir ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang terjadi jika bangunan tersebut tersambar petir. Besarnya kebutuhan tersebut mengacu kepada penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai berikut;

$$R=A+B+C+D+E\dots\dots\dots(1.11)$$

Dari persamaan tersebut maka akan terlihat bahwa semakin besar nilai indeks akan semakin besar pula resiko (R) yang di tanggung suatu bangunan sehingga semakin besar kebutuhan bangunan tersebut akan sistem proteksi petir.

Membatasi tegangan antara bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman pada kondisi operasi normal atau tidak normal. Memperoleh impedansi yang kecil dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah. Jika arus hubung singkat ke tanah di paksakan melalui impedansi tanah yang tinggi, akan menimbulkan beda potensial yang besar dan berbahaya. Untuk mencegahnya terjadinya tegangan kejut ataupun petir yang berbahaya bagi manusia, dapat di beri medium hambatan jenis tanah.

Tabel 3.3 Medium Hambatan Jenis Tanah

Medium	Hambatan Jenis		
	Minimum (Ω -cm)	Rata- rata (Ω - cm)	Maksimum(Ω - cm)
Tanah permukaan , tanah liat	10^2		5×10^3
Tanah liat	2×10^2		10^4
Pasir , kerikil	5×10^3		10^5
Permukaan batu kapur	10^4		10^6

2. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

Standar Nasional Indonesia (SNI) biasanya digunakan sebagai acuan atau patokan dalam setiap kegiatan baik itu ekonomi, konstruksi, produksi, pemasaran, komunikasi, dan bahkan konsumsi sekalipun serta segala aspek yang berhubungan dengan orang banyak itu diatur oleh lembaga di pemerintahan. Inilah yang disebut Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI -03-7015-2004 menyatakan bahwa jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat ke bumi pertahun (N_g) dan luas daerah perlindungan efektif pada suatu menara (A_d).

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}/\text{tahun} \dots\dots(1.12)$$

Untuk kerapatan sambaran petir ke tanah di pengaruhi oleh guruh rata-rata pertahun di

daerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan sebagai berikut :

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} / \text{km}^2/\text{tahun} \dots (1.13)$$

Sedangkan untuk mencari besar A_d dapat dihitung sebagai berikut :

$$A_e = ab + 6 h (a + b) + 9\pi h^2 \dots (1.14)$$

Sehingga dari substitusi persamaan 1.13 dan 1.14 ke persamaan 1.12, maka nilai N_d dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / \text{tahun} \dots (1.15)$$

Dimana :

- a = panjang dari atap menara (m)
- b = lebar dari menara (m)
- h = tinggi menara (m)
- T = hari guruh pertahun
- N_g = kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ Km^2 /tahun)
- A_e = luas daerah yang area ekivalen (m^2)
- N_d = rata-rata frekuensi sambaran petir

Keputusan perlunya dan tidaknya memasang system proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c , sebagai berikut :

1. Jika Nilai $N_d > N_c$ maka diperlukan system proteksi petir
2. Jika Nilai $N_d < N_c$ maka tidak perlu system proteksi petir

Maka dalam perhitungan didapatkan $N_d > N_c$, dihitung dengan rumus :

$$E = 1 - N_c / N_d \dots (1.16)$$

Maka setelah di hitung nilai E (Efisiensi Sistem Proteksi Petir) sesuai dengan

persamaan diatas dapat di tentukan tingkat proteksi sesuai dengan tingkat efisiensi SPP dibawah ini.

Table 3.4 Tingkat Efisiensi SPP

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

Setelah di ketahuai proteksi berdasarkan tabel 3.4. maka dapat ditentukan sudut proteksi (a^0) dari penempatan suatu terminasi udara, radius bola yang di pakai, maupun ukuran jala (konduktor horizontal) sesuai dengan Tabel 3.5. di bawah ini :

Table 3.5. Daerah proteksi dari terminasi udara sesuai dengan proteksi

Proteksi	R(m)	a^0	a^0	a^0	a^0	Jala (m)
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	15
IV	60	55	45	35	25	20
*Hanya menggunakan metode bola bergulir dan jala dalam kasus ini						

3.5 Analisa Zona Pentanahan

Batang tunggal elektroda pentanahan membentuk zona pelindung berbentuk geometri kerucut serta memiliki titik sudut sekitar 45^0 . Bagian atas kerucut terletak pada

titik tertinggi penangkal petir. Gambar Zona proteksi pentanahan ditampilkan pada Gambar 3.2 .

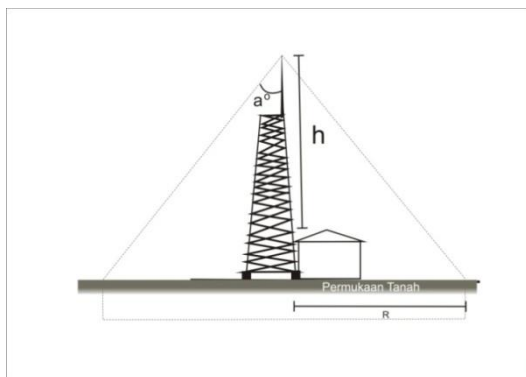
Perhitungan zona perlindungan batang tunggal dapat dibuat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R = 1,732 \times h \dots \dots \dots (1.17)$$

Dimana :

R = zona radius proteksi di titik tertinggi

h = jarak dari titik tertinggi dari rumah ke puncak penangkal petir



Gambar 3.4. Teori Tentang Zona Proteksi

3.6 Sistem Konduktor Pentanahan

Konduktor pentanahan adalah komponen utama dari instalasi penangkal petir yang memiliki fungsi sebagai media penghantar penangkal petir, Sehingga arus petir dapat mengalir dan cepat ternetralkan oleh tanah yang sebagaimana diketahui sebagai media netral alam.

Adapun ukuran minimum bahan SPP (Sistem Penangkal Petir) yang di pakai untuk penggunaan konduktor penyalur (*Down*

Konduktor) dengan sesuai standar yaitu standar SNI-03-7015-2004. Dapat di lihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Dimensi Minimum Untuk Bahan SPP

Tingkat proteksi	Bahan	Terminasi udara (mm ²)	Konduktor penyalur (mm ²)	Terminasi bumi (mm ²)
I sampai IV	Cu	35	16	5
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

Konduktor penyalur eksternal sebaiknya di pasang antar terminasi udara dan system terminasi bumi pada bangunan yang tidak mempunyai komponen konduktif vertikal yang kontinyu. Jarak rata-rata antara konduktor penyalur harus memenuhi tabel di bawah ini.

Tabel 3.7 Jarak Rata-Rata Antara Konduktor Penyalur Menurut Tingkat Proteksi.

Tingkat Proteksi	Jarak Rata-Rata (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Cara pemasangan konduktor penyalur dengan melihat beberapa yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Konduktor penyalur harus sependek mungkin (untuk mendapatkan induktans sekecil mungkin).
2. Jarak rata-rata antara konduktor penyalur diperlihatkan dalam tabel 3.7.
3. Sambungan anantara bahan yang berbeda harus sebaiknya dihindarkan atau harus dilindungi
4. SPP sebaiknya terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi seperti tembaga, aluminium, inox dan baja gavanis.

Tabel 3.8 Bahan SPP dan Kondisi Penggunaan

Stainless steel	Pada t stranded	pada t	-	Terhadap banyak bahan	Air dengan larutan klorida	-
Aluminium	Pada t berserabut	-	-	-	Agen basis	Tembaga
lead	Pada t sebagai pelapisan	Pada t sebagai pelapisan	-	Sifat konsentrasi tinggi	Tanah asam	Tembaga

Bah an	Penggunaan			Korosi		
	Dalam udara terbuka	Dalam tanah	Dalam beton	Resistan	Meningkat oleh	Elektrolitik dengan
Tembaga	Pada t berserabut sebagai pelapisan	Pada t berserabut sebagai pelapisan	-	Terhadap banyak bahan	Klorida konsentrasi tinggi senyawa sulfur bahan organik	-
Baja galvanis	Pada t berserabut	pada t	Padat	Baik, walaupun dalam tanah asam	-	Tembaga

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

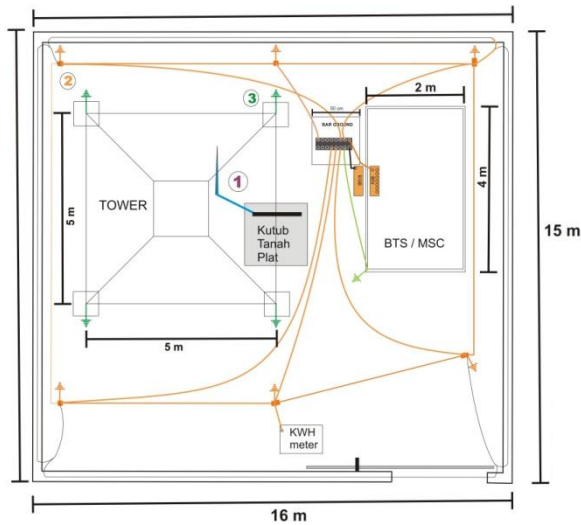
4.1 Proteksi Pada BTS

Sistem proteksi pada BTS dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu

1. Proteksi Eksternal
2. Proteksi Internal

4.1.1 Proteksi Eksternal

Proteksi eksternal berfungsi untuk menerima sambaran petir langsung yang dapat cepat mendistribusikan arus petir ke bumi. Proteksi eksternal pada BTS ditampilkan pada Gambar 4.1



Keterangan :
1. Penangkal petir
2. Grounding rod
3. Kaki tower

Gambar 4.1 Eksternal grounding BTS.

4.1.1.1 Penangkal petir

Tabel 4.1 Data existing Penangkal Petir :

NO	Parameter	Keterangan
1	Jenis logam	Splitzen Kuningan Tembaga
2	Panjang	1/ 2 " x 50-60 cm
3	Luas penampang	2 inch
4	Kabel penyalur	2 kabel A3C (Aaac)
5	Panjang penyaluran ke tanah	75 meter
6	Menggunakan system pembedaan	System TN-C (Terra Neutral-Combined)
7	Elektroda Pentanahan	Elektroda Plat
8	Kedalaman dari permukaan	5 meter
9	Panjang x lebar plat x tebal plat	1 m x 1 m x 3 mm

Hasil pengukuran tahanan penangkal petir adalah 3,4 ohm dengan menggunakan *Eart Tester*. Nilai perhitungan tahananannya pada penangkal petir, yaitu :

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi L_p} \left[\ln \left(\frac{8W_p}{0,5W_p + T_p} \right) - 1 \right] \dots\dots(1.18)$$

Keterangan :

R_p = Tahanan pentanahan pelat (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter) = 30 Ω

L_p = Panjang pelat (m) = 1 m

W_p = Lebar pelat (m) = 1 m

T_p = Kedalaman pelat ke tanah (m) = 5 m

$$R_p = \frac{30}{2 \times 3.14 \times 1} \left[\ln \left(\frac{8 \times 1}{0.5 \times 1 + 5} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = 4.7 [\ln 1.4 - 1]$$

$$R_p = 4.7 [0.6]$$

$$R_p = 2.8 \Omega$$

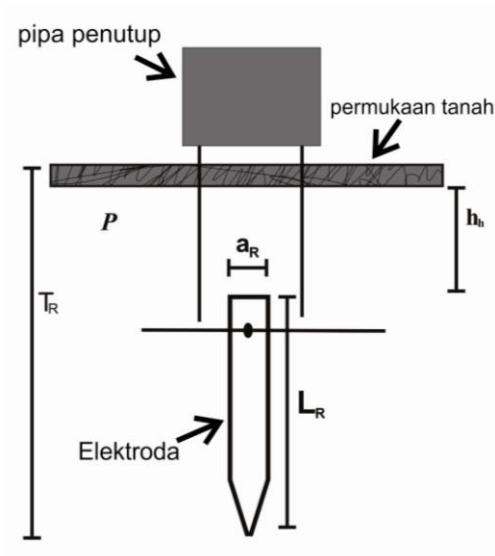
Jadi nilai tahananannya pada penangkal petir adalah **2,8 Ω** .

4.1.1.2 Grounding rod

Table 4.2 Elektroda batang yang di gunakan :

NO	Parameter	Keterangan
1	Diameter (a_R)	2 cm
2	Panjang elektroda batang (L_R)	5 meter
3	Kedalaman dari permukaan tanah (T_R)	5,3 meter
4	Kedalaman antara permukaan tanah (h_h)	30 cm

5	Tahanan jenis tanah (ρ)	30 Ω
---	--------------------------------	-------------

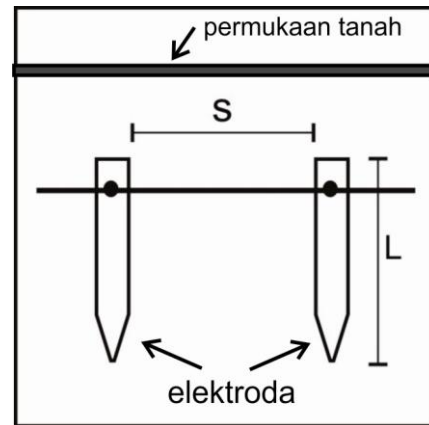


Gambar 4.2 Elektroda Batang Tegak Lurus Ke Dalam Tanah

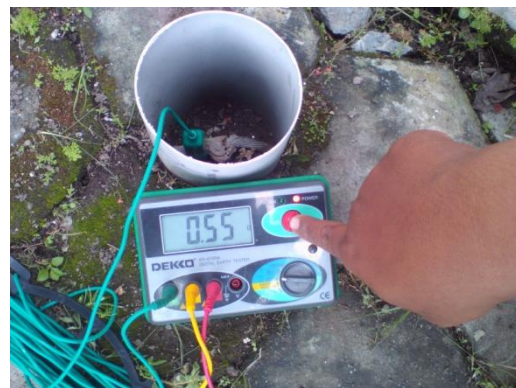
Susunan elektroda pada BTS ada 6 titik yang telah di tanam tegak lurus ke dalam tanah dengan jarak (s) yang berbeda. Dimana jarak (s) yang di ketahui lebih besar dari panjang (L) elektroda ($s > L$). Maka menggunakan persamaan di bawah ini :

$$R = \frac{\rho}{4 \times \pi \times L} \left[\ln \frac{4sL}{a} - 1 \right] + \frac{\rho}{4 \times \pi \times s} \left[1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2 \times L^4}{5s^4} \right]$$

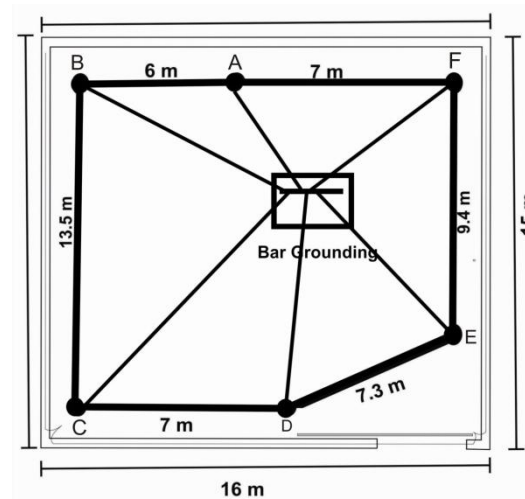
.....(1.19)



Gambar 4.3 jarak Elektroda Batang



Gambar 4.4 Grounding Rod



Gambar 4.5 Jarak Antara Elektroda Batang

Table 4.3 Jarak Pengamatan

NO	Antara titik elektroda	Jarak
1	F – A	7 m
2	A – B	6 m
3	B – C	13,5 m
4	C – D	7 m
5	D – E	7,3 m
6	E – F	9,4 m

Selanjutnya hasil perhitungan pentanahan di tiap-tiap jarak adalah sebagai berikut :

• **Titik F-A = 7 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 7} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 7^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 7^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.34 [1 - 0.17 + 0.10]$$

$$R = 2.67 \Omega$$

▪ **Titik A-B = 6 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 6} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 6^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 6^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.39 [1 - 0.23 + 0.19]$$

$$R = 2.7 \Omega$$

• **Titik B-C = 13.5 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 13.5} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 13.5^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 13.5^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.17 [1 - 0.04 + 7.5 \times 10^{-3}]$$

$$R = 2.52 \Omega$$

• **Titik C-D = 7 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 7} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 7^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 7^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.34 [1 - 0.17 + 0.10]$$

$$R = 2.67 \Omega$$

• **Titik D-E = 7.3 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 7.3} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 7.3^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 7.3^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.32 [1 - 0.15 + 0.08]$$

$$R = 2.6 \Omega$$

• **Titik E-F = 9.4 m**

$$R = \frac{30}{4 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{4 \times 5}{0.02} - 1 \right] + \frac{30}{4 \times 3.14 \times 9.4} \left[1 - \frac{5^2}{3 \times 9.4^2} + \frac{2 \times 5^4}{5 \times 9.4^4} \right]$$

$$R = 0.4 [\ln 1000 - 1] + 0.25 [1 - 0.9 + 0.03]$$

$$R = 2.59 \Omega$$

Hasil pengukuran tahanan adalah 0.55 ohm dengan menggunakan *Eart Tester*. Dengan rangkaian elektroda batang groundingnya yang di paralelkan dan jarak yang berbeda, maka hasil Resistansi Pararel (R_p) pada pentanahan sebagai berikut :

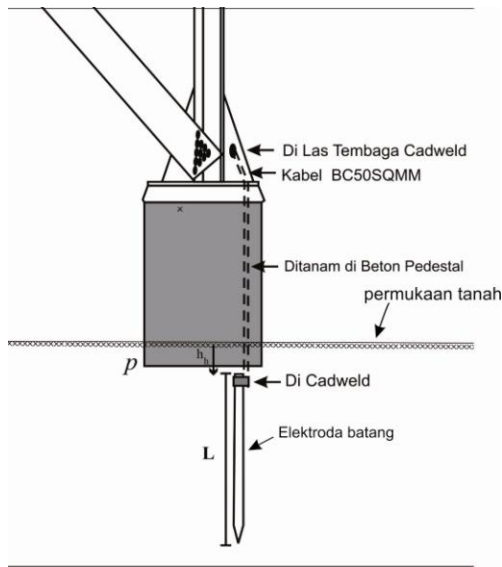
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2.67} + \frac{1}{2.7} + \frac{1}{2.52} + \frac{1}{2.67} + \frac{1}{2.6} + \frac{1}{2.59}$$

$$\frac{1}{R_p} = 0.374 + 0.37 + 0.396 + 0.374 + 0.384 + 0.386$$

$$R_p = 0.43 \Omega$$

Sedangkan hasil perhitungan resistansi elektroda batang yang di dapat adalah 0.43 ohm.

4.1.1.3 Kaki Tower



Gambar 4.6 Kaki Tower

Table 4.4 Parameter Kaki Tower

NO	Parameter	keterangan
1	Tipe kaki	4 SST
2	Jenis logam	Besi baja
3	Jenis kabel penyalur ke tanah	Tembaga (BC50CQMM)
4	Penyambungan	Di Las Tembaga Dan Di Cadweld
5	Jenis Elektroda bumi	Elektroda Batang
6	System pembumian	System tanah TN-C

Dalam perhitungan pentanahan kaki tower yang telah di tanam tegak lurus dan pada kedalaman beberapa cm di bawah permukaan tanah. Maka persamaan :

$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \left[\ln \frac{2L}{a} - 1 \right] \dots\dots\dots(1.20)$$

Keterangan :

ρ : Tahanan Jenis Tanah = 30 Ω

L : Panjang Elektroda Batang = 5 m

a : Diameter Elektroda Batang = 0,02 m

R : Tahanan Pentanahan

$$R = \frac{30}{2 \times 3.14 \times 5} \left[\ln \frac{2 \times 5}{0.02} - 1 \right]$$

$$R = 0.9 [\ln 500 - 1]$$

$$R = 4.9 \Omega$$

Dengan hasil perhitungan pentanahan terhadap kaki tower sebesar 4,9 Ω . Nilai tersebut tidak cukup untuk meredamkan induksi petir, menurut PUIPP sebaiknya disekitar kaki tower di beri batu-batu kerikil yang memiliki resistansi tinggi sebesar 10-100 k Ω (Tabel 3.3).

Dari hasil data yang telah di peroleh, system pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu peralatan telekomunikasi, dan pentanahan system penangkal petir, karena prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk system perlindungan. Tidak jarang orang umum/ awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu system pentanahan adalah hambatan system suatu system pentanahan tersebut. Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah ke dalam system pentanahan, sedangkan kenyataan yang terjadi

suatu system pentanahan 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.

Pengaruh besar impedansi pentanahan adalah sangat dipengaruhi oleh banyak factor, baik actor *eksternal* dan *internal*. Yang dimaksud dengan factor eksternal adalah :

- Bentuk arus (*pulsa*, *sinusoidal*, searah).
- Frekuensi yang mengalirke dalam system pentanahan.

Untuk mengetahui nilai nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk system pentanahan, karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama.

4.1.1.4 Hasil Pengukuran Pentanahan.

Table 4.5 Hasil pengukuran Eart Tester yang telah di dapat berikut ini :

NO	Pengukuran Pentanahan	Nilai Hambatan
1	Penangkal Petir	0.34 Ω
2	Grounding Rod	0.55 Ω
3	Kaki Tower	0.51 Ω

Perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan rumus yang telah ada

dan hasil pengukuran hambatan yang menggunakan alat *earth tester*. Dengan hasil nilai perhitungan pentanahan pada penangkal petir 2,8 Ω , maka nilai grounding pada menara BTS sudah memenuhi sesuai *standart* telekomunikasi yaitu (< 3 Ω) dan PUIL 2000 pasal 3.13.210 untuk total seluruh system pentanahan tidak boleh lebih dari 5 Ω .

4.1.2 Proteksi Internal

Proteksi internal bertujuan untuk mencegah kerusakan perangkat telekomunikasi akibat arus bocor dan tegangan kejut akibat sambaran petir tidak langsung (imbas petir).

Proteksi internal meliputi :

A. *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) Yang terpasang pada box panel power adalah ELCB :

- merek MERLIN GERIN
- Tipe multi 9/NC100H
- Arus 50A
- Tegangan AC minimal 415V~
- Maksimum arus 10Ka / 3 kutub.



Gambar 4.7 Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)

B. ARRESTER



Gambar 4.8 Arrestor OBO V25 –B / V25-B+C
SPD SPP internal yang terpasang adalah dengan menggunakan arrestor merk :

Table 4.6 Parameter Arrestor

No	Parameter	OBO V25	OBO C25-B+C
1	Tegangan AC	280 V	255V
2	Penghantar Arus	$\pm 100\text{kA}$	$\pm 50\text{ kA}$
3	Tingkat perlindungan	$< 2\text{ kV}$	$< 1,2\text{ kV}$
4	Kapasitas debit	-	$\pm 25\text{ kA}$
5	Jenis sistem pentanahan	-	system TN-C-S

4.2 Pentingnya Kebutuhan Proteksi

Detail pembangunan BTS yang dapat dipakai untuk mengetahui perlu tidaknya proteksi petir terhadap menara telekomunikasi dan ruangan *shelter* yaitu

Table 4.7 Parameter Pembangunan BTS

No	Parameter	Menara Tower	Shelter
----	-----------	--------------	---------

1	Tinggi	72	3
2	Panjang	5	4
3	lebar	5	2

jumlah hari guruh (T_d) menurut data dari BMKG sesuai dengan lampiran B = 101 hari guruh / tahun.

Nilai frekuensi sambaran petir hanya diperbolehkan pada bangunan sebesar 10^{-1} / tahun. Maka dapat dicari kebutuhan menara telekomunikasi dan ruangan shelter terhadap kebutuhan proteksi petir maupun mengetahui tingkat proteksinya dengan menggunakan rumus Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) dan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004).

▪ Perhitungan Kebutuhan Proteksi Petir Berdasarkan PUIPP

Perhitungan ini menggunakan data keadaan lokasinya (lampiran A), maka untuk bangunan menara telekomunikasi diperoleh :

Tabel 4.8 Data Keadaan Lokasi BTS

No	Kondisi area BTS	Nilai Indeks
1	Indeks	2
2	Indeks	0
3	Indeks	7
4	Indeks	0
5	Indeks	7

Didapatkan indeks perkiraan bahaya sambaran petir (R) yaitu :

$R = \text{indeks A} + \text{indeks B} + \text{indeks C} + \text{indeks D} + \text{indeks E}$

$$R = 2 + 0 + 7 + 0 + 6$$

$$R = 15$$

Dengan nilai $R = 15$, maka $R > 14$, sehingga menara telekomunikasi sangat memerlukan proteksi petir.

▪ **Perhitungan Tingkat Proteksi Berdasarkan SNI 03-7015-2004**

- Menghitung Kerapatan Sambaran Petir (N_g)

Perhitungan dengan rumus :

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} / \text{km}^2/\text{tahun}$$

$$N_g = 0,04 \times (101)^{1,25}$$

$$N_g = 12,8 / \text{km}^2/\text{tahun}$$

- Menghitung Area Cakupan Ekuivalen Menara (A_e)

Data menara mempunyai tinggi (h) = 72 meter, panjang (a) = 5 meter dan lebar (b) = 5 meter dapat dihitung dengan rumus :

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2$$

$$A_e = (5 \times 5) + 6 \times 72(5 + 5) + 9\pi(72)^2$$

$$A_e = 150844,84 \text{ m}^2$$

- Menghitung Frekuensi Sambaran Petir Langsung (N_d)

Perhitungan yang diperkirakan ke stuktur yang di proteksi dengan rumus :

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / \text{tahun}$$

$$N_d = 12,8 \times 150844,84 \times 10^{-6}$$

$$N_d = 1,93 / \text{tahun}$$

- Menentukan Efisiensi SPP (System Proteksi Petir) (E) dan tingkat proteksi.

Nilai frekuensi sambaran petir tahunan setempat (N_e) yang diperbolehkan adalah $10^{-1} / \text{tahun}$ dari BMKG. Penentuan tingkat proteksi pada bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c adalah sebagai berikut :

Jika Nilai $N_d > N_c$ maka diperlukan system proteksi petir

Jika Nilai $N_d < N_c$ maka tidak perlu system proteksi petir

Maka dalam perhitungan didapatkan $N_d > N_c$, dihitung dengan rumus :

$$E = 1 - N_c / N_d$$

$$E = 1 - 10^{-1} / 1,93$$

$$E = 1 - 0,051$$

$$E = 0,94$$

$$E = 94 \%$$

Dimana hubungan antara nilai E (Efisiensi) dengan tingkat proteksi sesuai table 3.4, maka dengan demikian nilai $E = 0,94$ berada pada tingkat proteksi II dengan nilai E di antara 90% - 95%. Karena itu BTS memerlukan SPP minimal tingkat proteksi dengan level II.

Dengan tingkat proteksi ke II zona proteksi yang di peroleh sebesar :

$$\text{Ket : } h = 72 \text{ m}$$

$$R = 1,732 \times h$$

$$R = 1,732 \times 72$$

$$R = 124.7 \text{ m}$$

Jadi radius proteksi yaitu jarak terluar dari pusat lingkaran yang masih dapat dilindungi sejauh ± 124 meter

Table 4.9 Hasil Perhitungan

NO	Parameter	Nilai
1	Kerapatan Sambaran Petir (N_g)	12,8/km ² /tahun
2	Area Cakupan Ekuivalen Menara (A_e)	150844,84 m ²
3	Frekuensi Sambaran Petir Langsung (N_d)	1,93 / tahun
4	Efisiensi SPP (System Proteksi Petir)	0,94
5	zona proteksi	124.7 m

4.3 Konduktor Penyalur

Table 4.10 Parameter Konduktor Telah Terpasang

N o	Proteksi external	Kabel	Bahan	Ukuran (mm ²)
1	Penangkal petir	A3C (Aaac)	aluminium-magnesium-silicon campuran logam	25
2	Grounding Rod	BC	tembaga	50
3	Kaki Tower	BC	tembaga	50

Dengan perhitungan parameter kebutuhan proteksi yang telah dilakukan mendapatkan nilai level proteksi II, bahwa BTS sangat perlu di beri proteksi petir. Dimana konduktor menjadi peran penting

dalam keselamatan perangkat BTS dari sambaran petir.

Parameter konduktor yang telah terpasang tersebut telah sesuai standar dengan dasar table 3.6, dimana grounding rod dan kaki tower menggunakan kabel BC bahan tembaga ukuran 50 mm² yang memiliki kelebihan tahan terhadap bahan yang dapat menyebabkan korosi dan dapat digunakan di dalam tanah, sedangkan penangkal petir yang menggunakan kabel A3C ukuran luas penampang 25 mm², bahan ini juga tahan terhadap bahan yang dapat menyebabkan korosi, kita bisa melihat tabel 3.8

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa di salah satu BTS Jember terbukti sistem proteksi pentanahannya telah sesuai dengan standarisasi.
2. Nilai tahanan pada proteksi external meliputi penangkal petir sebesar 2,8 Ω , grounding rod yang terdiri dari 6 elektroda yang di pararelkan dengan jarak berbeda nilainya sebesar 0,43 Ω dan kaki tower sebesar 4,9 Ω . Ini semua nilai tahanan sudah memenuhi standar PUIL 2000 dengan nilai di bawah 5 Ω

3. Studi kasus pada bangunan menara BTS ini sangat perlu adanya proteksi petir dengan perhitungan berdasarkan PUIPP yang di dapatkan nilai indeks $R = 16$
4. Bangunan menara tower pada studi kasus ini merupakan bangunan yang memiliki ketinggian yang cukup tinggi yang terletak pada daerah yang mempunyai distribusi sambaran petir yang sedang yaitu IKL 27.56 dan frekuensi sambaran petir tahunan rata-rata yang di hitung adalah 101 / tahun sehingga ini memerlukan proteksi petir. Dan dalam kasus ini tingkat proteksinya adalah tingkat II.
5. Bangunan BTS dalam studi kasus ini menggunakan system pembumian TN – C untuk proteksi external dan system pembumian TN – C – S untuk proteksi internal.

5.2. Saran

1. Pada penelitian pentanahan kaki tower pada menara telekomunikasi hampir mendekati nilai standar PUIL yaitu nilainya $< 5 \Omega$. Sebaiknya di tambah disekitar daerah kaki tower di beri batu-bati kerikil yang memiliki resistansi tinggi sebesar 10-100 k Ω .

DAFTAR PUSAKA

1. Bonggas L.Tobing, “*Peralatan Tegangan Tinggi*“, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta 2003.
2. Hasse, P.,”*Overvoltage Prptection of Low Voltage System*“, Shot RunPress Ltd.,England 1988
3. OBO Presentation,”*Surge protection in energy engineering*”,2011
4. PUIL 2000,”*Persyaratan Umum Instalasi Listrik*”,
5. Putra P, Widhya. *Evaluasi Sistem proteksi Petir Pada Base Tranceiver Station (BTS)*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro UI. 2009
6. SNI-03-7015-2004,”*Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan*”, Standar Nasional Indonesia, 2004
7. Tobing, Bonggas L,”*Peralatan Tegangan Tinggi*”, PT Gamdia Pustaka Utama Jakarta, 2003
8. Yunaningrat, Resna. *Analisa Pentanahan Pada BTS BSC Banjarsari*. Skripsi Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya Jl. Siliwangi 24 Tasikmalaya Jawa Barat 46115 Indonesia. Di download tanggal 20 November 2015.