

Analisa Sistem Instalasi Penangkap Petir Pada Bangunan Bertingkat

¹Dwi Ajiatmo ² Angga Yodhas Tangkara Arga Prabowo, ³Machrus Ali

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Universitas Darul Ulum.

ajiatmo@gmail.com, angga.yodas@gmail.com, machrus7@gmail.com

Abstrak

Petir suatu fenomena alam yang timbul bila terjadi banyak kondensasi dari uap air dan ada udara yang naik dengan arus sangat kuat. Hal ini diyakini oleh dunia ilmu pengetahuan dan teknologi setelah melalui banyak pembuktian dan pengamatan. Masalah utama yang menjadi kendala adalah tidak diketahuinya dengan pasti pada detik kapan peristiwa sambarannya terjadi, seberapa besar intensitasnya dan di titik mana sambaran itu mengenai obyeknya, sehingga akan jauh lebih mudah upaya pengamanan bisa dilakukan.

Walaupun demikian, ternyata dari banyak pembuktian atas hipotesa-hipotesa yang ada, dapat dilakukan penangkalan terhadap kemungkinan terjadinya sambaran petir dalam suatu ruang lindung tertentu. Dengan pertolongan hipotesa-hipotesa yang ada tersebut, secara teoritis dapat diperhitungkan suatu perencanaan pengamanan terhadap obyek sambaran, misalnya bangunan gedung, pabrik, gudang dan sebagainya.

Kata Kunci : Pengkal petir, Gedung bertingkat, Frangklin

1. PENDAHULUAN

Hal mendasar yang harus kita ketahui sebelumnya adalah sistem penangkal petir bekerja bukan dengan “menangkal” petir tetapi menyalurkan arus petir dengan aman ke pembumian (earthing). Petir merupakan kejadian alam yang selalu melepaskan muatan listriknya ke bumi tanpa dapat dikendalikan dan menyebabkan kerugian harta benda dan manusia. Tak ada yang dapat mengubah situasi ini. Petir telah banyak membuat kerugian pada manusia dan kerusakan pada peralatan sejak dulu, semakin banyaknya pemakaian alat elektronik dan peralatan tegangan rendah saat ini telah meningkatkan jumlah statistik kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh sambaran petir baik langsung maupun tidak langsung.

Tempat-tempat dengan tingkat sambaran tinggi (frekuensi maupun intensitasnya) mendapat prioritas pertama untuk penanggulangannya, sedangkan tempat-tempat yang relatif kurang bahaya petirnya mendapat prioritas ke dua dengan pemasangan protektor yang lebih sederhana. Lokasi yang mempunyai nilai bisnis tinggi memerlukan proteksi yang dilakukan dengan optimal, sedangkan lokasi dengan nilai bisnis rendah mungkin makin sederhana sistem protektor yang akan dipasang.

Pada kantor bertingkat telah dipasang penangkal petir untuk menghindari kerusakan pada alat-alat elektronik dan sistem yg ada didalamnya, namun pemasangan tersebut masih kurang optimal karena terkadang masih terdapat beberapa alat elektronik yg terkena sambaran petir. Dengan latar belakang tersebut diatas penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan Penangkal Petir Pada Gedung Bertingkat. Berdasarkan latar belakang, maka didapatkan Bagaimana cara untuk meminimalisasi sambaran petir di gedung bertingkat, Adapun tujuan penelitian antara lain mengetahui penyebab masih

sering terjadinya sambaran petir di pada gedung bertingkat. mengetahui cara untuk meminimalisasi sambaran petir di pada gedung bertingkat.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Penangkal Petir Konvensional

Bentuk-bentuk fisik dari petir telah diketahui orang sejak dahulu kala, yang menimbulkan berbagai macam dongeng dan takhayul di kalangan manusia, dan masing-masing bangsa berlainan cara menafsirkannya. Baru pada tahun 1719 seorang ahli fisika keturunan Perancis yang dilahirkan di Boston yang kemudian menetap di Philadelphia (USA) yaitu Benjamin Franklin (1706 – 1790) dengan eksperimennya membuktikan bahwa petir adalah suatu fenomena listrik alam, yaitu terjadinya pelepasan muatan antara awan dengan awan atau antara awan dengan tanah (bumi).

Dengan eksperimen-eksperimen selanjutnya (1752) Benjamin Franklin menemukan cara untuk pengamanan terhadap sambaran petir pada suatu bangunan, yaitu berdasarkan pada proses terjadinya petir itu sendiri. Pada saat leader menyambar dari awan, medan elektrostatis antara ujung leader dan awan akan naik harganya sehingga akan menimbulkan upward streamer dari tanah ke atas menyambut leader yang turun dari awan tadi. Untuk selanjutnya dua buah discharge tersebut akan saling tarik menarik dan setelah keduanya bertemu maka discharge dari awan tersebut diteruskan ke tanah. Demikian pula dengan prinsip kerja penangkal petir Benjamin Franklin, ia memasang batang metal (tembaga) setinggi 9 ft di atas atap rumahnya (September 1752) dan menghubungkannya dengan kawat konduktor ke tanah. Dengan demikian discharge yang turun dari awan akan ditarik oleh batang metal tersebut dan diteruskan ke tanah, maka bebaslah bangunan itu dari gaya mekanis maupun listrik dari petir yang menyambar. Sejak itu bangunan-bangunan di Amerika dan Eropa menggunakan penangkal petir versi Franklin.

Dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka sampai saat ini dikenal tiga jenis penangkal petir yaitu penangkal petir konvensional, penangkal petir radioaktif, penangkal petir berdasarkan emisi.

Disini hanya akan dibahas dan diuraikan tentang jenis penangkal petir konvensional yang bentuknya sederhana dan sering dipakai serta aman dari bahaya radiasi, yaitu terdiri dari batang metal yang ujungnya runcing dan kawat konduktor yang menghubungkan dengan elektroda tanah. Jenis ini masih banyak digunakan dan cukup efektif, hanya saja daerah perlindungannya (zone protection) tidak terlalu luas sehingga perlu digunakan batang penangkal yang banyak untuk memperluas daerah perlindungannya. Sedangkan jenis penangkal petir jenis inkonvensional yaitu penangkal petir radioaktif dan penangkal petir emisi sengaja tidak dibahas di sini.

2.2. Jenis Penangkal Petir Konvensional

Penangkal petir konvensional dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

a. *Franklin Lightning Rod (Batang Franklin)*

Penemu jenis ini adalah Benjamin Franklin, komponennya terdiri dari sebuah batang metal (tembaga) yang berujung runcing yang dipasang vertikal di puncak sebuah bangunan dan kawat konduktor yang menghubungkannya dengan elektroda tanah. *Franklin lightning rod* mempunyai daerah perlindungan berupa ruang kerucut atau silinder, sehingga untuk satu penangkal tunggal kurang mencukupi untuk melindungi suatu bangunan yang mempunyai area yang luas. Jenis ini (batang tunggal) lebih tepat dipakai pada bangunan-bangunan yang

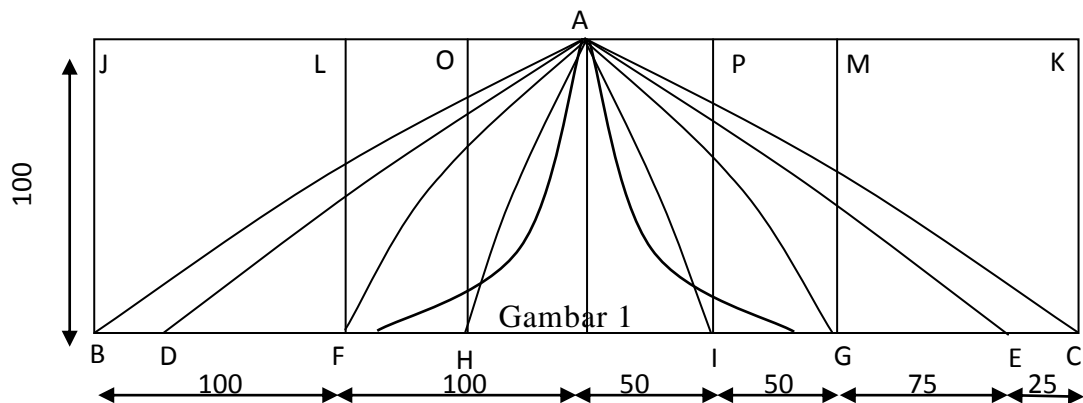
menjulang tinggi seperti menara, cerobong asap dan bangunan lain yang dapat terlindungi oleh daerah perlindungannya. Dengan begitu untuk bangunan yang luas, dibutuhkan lebih dari sebuah batang konduktor vertikal (penangkal)

b. Farady Cage (sangkan Farady)

Kalau pada jenis batang Franklin, batang metal (konduktor) yang dipakai sebagai *air termination* dipasang vertikal, sedangkan pada jenis sangkar Farady ini batang konduktor tersebut dipasang horizontal di atas atap bangunan atau di sepanjang pinggiran atap bangunan. Bangunan-bangunan dengan konstruksi besi dan konstruksi beton bertulang pada dasarnya merupakan sangkar Farady, juga yang bisa memungkinkan sebagai suatu sistem penangkal petir, yaitu seluruh konstruksi terhubung baik dengan elektroda pertanahan.

c. Daerah Perlindungan (Zone Protecion) Penangkal Petir Konvensional

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh para pakar, ada banyak hipotesa mengenai daerah perlindungan dari *Franklin Lightning Rod*, yang semuanya saling mempertahankan kebenaran pada penemuan masing-masing.



Beberapa Hipotesa Daerah Perlindungan Penangkal Petir Vertikal (*Vertical Lightning Rod*)

Diantara hipotesa-hipotesa tersebut yang paling populer adalah hipotesa menurut :

1. Gay Lussac 1823, menyatakan bahwa daerah perlindungan berupa silinder JBCK.
2. De Fonville 1871, menyimpulkan bahwa daerah perlindungan berupa kerucut BAC.
3. Paris Commision 1975, daerah perlindungan berupa kerucut DAE.
4. Chapman 1875, daerah perlindungan berupa silinder LFGM
5. Adam 1881, daerah perlindungan berupa kerucut FAG.
6. Hypothesis, daerah perlindungan berupa silinder OHIP
7. Preece 1881, daerah perlindungan berupa kerucut FAG.
8. Nelsens, daerah perlindungan berupa kerucut HAI.

Dari sekian banyak hipotesa yang ada, Preece adalah orang yang pertama kali menggunakan teori pendekatan geometrik (*Geometrical approach*) dari Franklin. *Leader* yang menyambar dari awan menginduksikan medan listrik di

permukaan tanah dibawahnya, sehingga disekitar sebuah penangkal petir timbul medan listrik dengan polaritas yang berlawanan dengan polaritas *leader* yang turun dan distribusi kerapatan (*gradien*) muatan listriknya lebih besar diujungnya yang runcing. Seperti telah diuraikan terdahulu, *leader* ini akan disambut oleh *upward streamer* yang timbul dari ujung penangkal petir atau dari tanah pada suatu jarak yang besarnya tergantung pada besarnya *Stricking Distance* yang terjadi, sehingga *leader* yang turun akan memilih daerah (obyek) yang terdekat untuk melepaskan muatannya. Dalam hal ini obyek yang terdekat adalah ujung penangkal petir atau ke tanah jika jarak ke tanah lebih dekat. Dari kejadian tersebut Preece menyimpulkan bahwa daerah perlindungan sebuah *Vertical Lightning Rod* setinggi (h) adalah sebuah kerucut dengan tinggi (h), radius lingkaran alasnya sama dengan tingginya dan sisinya adalah busur lingkaran dengan jari-jari (h) dari ujung penangkal hingga menyinggung tanah. *Leader* yang menuju bumi dapat melalui saluran-saluran yang berbeda. Jika dimisalkan titik orientasi bergeser sepanjang garis horizontal pada bidang yang sama dengan penangkal. Tetapi sebanding dengan pergeseran titik orientasi kemungkinan *discharge* petir ke tanah semakin besar dan posisi kritis tercapai bila tegangan tembus (*breakdown voltage*) terhadap ujung penangkal (V_{d1}) sama dengan tegangan tembus terhadap bumi (V_{d2}). Bila titik orientasi melewati titik kritis kebanyakan *discharge* akan mengenai bumi.

2.3. Komponen-komponen Utama Sistem Penangkal Petir Konvensional

Ada tiga komponen utama pada sistem penangkal petir konvensional yaitu :

a. Air Termination (Batang Penangkal)

Air termination adalah bagian dari sistem penangkal petir yang terletak paling tinggi dari dua komponen yang lain (di bagian ujung atas) yaitu di atas atap suatu bangunan yang dilindungi. Bagian ini merupakan titik dimana suatu *upward streamer* dimulai. Jadi maksud dari pemasangan *air termination* adalah untuk menyongsong petir (*leader*) yang menyambar bangunan tersebut dan meneruskan arusnya ke tanah melalui *down conductor*. Dengan memasang bahan metal (konduktor) pada bagian-bagian yang menjulang di atas atap bangunan serta memasang jaringan konduktor yang melingkupi atas bangunan dan menghubungkannya dengan tanah, akan menurunkan harga tahanan itu. Sehingga bila petir menyambar bangunan itu, maka beda potensial yang timbul antara atap bangunan dan tanah menjadi lebih kecil dibandingkan dengan bila tanpa konduktor (penangkal petir).

b. Down Conductor (saluran menuju ke elektroda tanah)

Down Conductor adalah konduktor (penghantar) yang menghubungkan antara *air termination* dengan *earth termination* dengan jarak yang sependek dan selurus mungkin. Jadi bagian ini berfungsi untuk menyalurkan arus petir dari *air termination* ke *earth termination*. Arus petir yang disalurkan melalui *down conductor* kapasitasnya besar sekali sehingga dapat menimbulkan *flash over* atau *side flash* apabila ada kesalahan dalam cara pemasangannya. Oleh karena itu pemasangan *down conductor* sedapat mungkin tidak melalui lekukan-lekukan pada dinding bangunan. Cara terbaik untuk menghindarkan terjadinya *side flash* adalah

dengan menggunakan kabel koaksial, yang mempunyai impedansi sangat kecil sehingga *voltage drop* pada *down conductor* dipasang pada dinding sebelah luar dari bangunan. Seandainya hal tersebut tidak mungkin untuk dilakukan, maka pemasangan pada dinding sebelah dalam bangunan harus disalurkan dalam pipa non metal yang tak mudah terbakar (tahan panas) untuk konduktor telanjang. Bila digunakan kabel koaksial, boleh dengan perlindungan pipa metal.

c. Earth Termination (batang elektroda tanah)

Earth Termination adalah merupakan elektroda pentanahan, bagian yang dimaksudkan sebagai jalan untuk pembuangan arus ke tanah, yaitu berbentuk rod, mesh, plat dan sebagainya, yang ditanam dalam tanah. Dalam hal ini tahanan pentanahan dimana elektroda tersebut ditanam haruslah serendah mungkin, tujuannya untuk mengurangi besarnya *step voltage* yang timbul maupun untuk menghindarkan terjadinya *side flash* akibat arus petir. Untuk menentukan besarnya tahanan pentanahan, sesuai dengan persyaratan yang diminta yaitu ≤ 10 ohm, dapat ditentukan dengan menggunakan rumus (hubungan) antara tahanan jenis tanah dan diameter/panjang elektroda serta berapa dalam elektroda tersebut harus ditanam. Cara lain adalah dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur berupa *Earth Resistance Meter* atau *Ground Resistance Meter*.

2.4. Bahan dan Ukuran Konduktor Penangkal Petir Konvensional

Bahan yang digunakan untuk konduktor penangkal petir adalah logam tahan karat, pada umumnya dari tembaga (*copper*) atau logam lain dengan campuran tembaga. Akan tetapi saat ini mulai banyak digunakan aluminium dan *galvanis steel*. Pemakaian tipe konduktor pentanahan dalam bentuk strip (plat) mulai banyak digantikan oleh konduktor bentuk batang (*rod*), karena lebih fleksibel dalam penggunaannya. Adapun tipe-tipe elektroda pentanahan pada dasarnya dipilih untuk memperoleh harga tahanan pentanahan sekecil mungkin, dan harga ini terutama dipengaruhi oleh faktor struktur tanah (liat, lumpur, pasir, bebatuan dan sebagainya) selain itu perlu diperhatikan kemungkinan terjadinya tegangan lebih yang timbul dipermukaan tanah pada saat arus petir mencapai permukaan tanah tersebut.

2.5. Model dan Konstruksi Komponen

Telah dijelaskan, bahwa bahan komponen penangkal petir harus dipilih dari jenis logam yang tahan karat. Pilihan ini diperlukan agar komponen tersebut memiliki kemampuan daya hantar yang baik (karena oksida logam atau karat memiliki sifat yang lebih resistif), dan mampu bertahan dalam umur teknis yang lama. Bahan komponen yang selama ini biasa dipakai adalah tembaga, karena ditinjau dari segi teknis memenuhi syarat, dan dari segi ekonomis harganya terjangkau. Tetapi dengan semakin majunya perkembangan teknologi bahan, bahan aluminium dan baja yang dilapisi khrom atau nikel, atau yang digalvanisir bahan anti karat lainnya juga merupakan bahan yang dijual pula di pasaran.

a. Air Termination

Air Termination atau batang penangkal yang fungsinya sebagai ujung tombak untuk menjemput kelebihan muatan dalam proses sambaran petir, terbuat dari bahan logam seperti telah disebutkan, dipilih bahan logam yang masif (pejal). Bahan ini dibuat dalam bentuk silinder yang salah satu ujungnya lancip (bagian ujung atas) dan bagian ujung (bawah) berbentuk silinder dengan ukuran sama

dengan ukuran pipa supportnya. Ujung atas sengaja dibuat lancip agar diperoleh kerapatan muatan yang tinggi, sehingga muatan-muatan yang relatif lebih negatif dari muatan awan lebih banyak terkumpul di bagian lancip itu dibandingkan dengan di bagian lainnya.

b. Down Feeder (Down Conductor)

Fungsi dari bagian ini adalah sebagai saluran arus petir yang menghubungkan antara *Air termination* dengan *Ground elektroda*. Seperti halnya komponen konduktor dalam sistem kelistrikan yang lain untuk keperluan *down conductor* ini juga dipilih bahan dan ukuran konduktor yang sesuai.

Konduktor yang biasa dipakai adalah jenis BC (*Bare Copper*) atau tembaga telanjang ukuran 50 mm². Tetapi akhir-akhir ini mulai dikembangkan pula penggunaan aluminium (ACSR) ukuran 90 mm².

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada pemasangan *down conductor* penangkal petir ini adalah :

- a) Bila ada sambungan, maka sambungan tersebut tidak boleh disolder, melainkan harus diklaim dengan baik.
- b) Bila ada pemasangan yang arahnya membelok, maka belokan tersebut tidak boleh patah atau membentuk sudut lancip, melainkan harus berbentuk lengkung.

Pada bagian konduktor yang membentuk sudut lancip kerapatan listrik akan cenderung mengumpul lebih banyak disitu dibanding dengan di bagian lain yang lurus atau lengkung, dan pada keadaan demikian dikhawatirkan akan terjadi *gradien* tegangan yang lebih besar, sehingga akan timbul loncatan (*discharge*) di bagian lancip tersebut.

c. Ground Electroda

Komponen ini ditanam di dalam tanah dengan kedalaman tertentu, tergantung pada struktur tanah dimana elektroda tersebut ditanam. Tujuannya adalah memperoleh harga resistansi pertanahan maksimum tertentu yang disyaratkan untuk pentanahan penangkal petir bangunan gedung maksimum 5 ohm, dan lebih kecil lebih baik. Secara umum dikenal ada beberapa tipe, bentuk dan ukuran elektroda pentanahan, tetapi untuk keperluan bangunan gedung yang paling banyak dipakai adalah tipe *rod* (batang), tipe pita dan tipe lempengan.

Kedalaman penanaman elektroda dalam hal ini berpengaruh terhadap harga resistansi pentanahan, dan kedalaman ini dipengaruhi pula oleh struktur tanahnya. Tanah pasir atau lumpur berair yang mengandung garam, resistansi tanahnya lebih kecil jika dibandingkan dengan tanah lumpur kering, bebatuan, kapur dan sebagainya. Sehingga pada tanah yang mengandung garam tersebut cukup digunakan elektroda tipe *rod*, dengan kedalaman tanam yang cukup dangkal, misalnya hanya pada kedalaman 2 – 6 meter. Dengan resistansi pentanahan yang cukup rendah, diharapkan arus petir yang mengalir menuju ke tanah tidak terlalu

mengalami hambatan, sehingga proses netralisasi muatan listrik berlangsung cepat dan mudah.

Dalam praktek di lapangan, biasanya bila satu atau lebih elektroda ternyata secara total masih memiliki harga pentanahan yang terlalu besar, maka dipasang lagi (ditambah) beberapa elektroda, kemudian saling dihubungkan paralel satu sama lain. Selain untuk memperoleh harga resistansi yang lebih kecil, hubungan paralel beberapa elektroda ini juga akan meningkatkan keandalan sistem pentanahan, sebab bila salah satu elektroda yang lain. Secara umum bentuk dan tipe elektroda pentanahan terdiri dari Elektroda tipe batang (rod), Elektroda tipe pita, Elektroda tipe plat, Elektroda tipe mesh, Elektroda tipe grid, elektroda tipe counter poise, Elektroda tipe kombinasi diantara tipe yang ada.

Pada dasarnya penggunaan masing-masing tipe adalah bertujuan untuk memperoleh harga resistansi pentanahan sekecil mungkin secara efektif, yang tergantung pada struktur tanah setempat. Sebab dengan cara demikian proses netralisasi muatan listrik yang terjadi pada saat sambaran petir berlangsung akan sangat singkat waktunya, sehingga tujuan pengamanan dapat tercapai. Meskipun ada beberapa tipe dan bentuk *ground elektroda*, tetapi yang paling banyak digunakan dalam sistem penangkal petir untuk bangunan gedung adalah tipe rod (batang), yang memiliki konstruksi sederhana dan relatif murah serta mudah penanamannya. Tipe ini ditanam pada struktur tanah yang memiliki nilai resistansi tanah rendah, lunak dan mudah digali (dengan bor tanah) hingga mencapai air tanah pada kedalaman sekitar 6 meter. Tanah demikian biasanya terdapat di pantai dan dataran rendah.

Tipe pita, biasanya digunakan pada struktur yang resistansinya rendah, tetapi lebih sulit digali, misalnya tanah padas. Tipe demikian bisa ditanam pada kedalaman sekitar 1 meter atau lebih, mengelilingi bangunan yang akan dilindungi terhadap sambaran petir. Karenanya tipe ini hanya cocok (ekonomis) bila bangunan tersebut menempati lahan yang tidak luas.

Tipe plat terdiri dari bahan plat tembaga setebal 1 cm dengan ukuran minimum 100 X 100 cm. Elektroda ini juga untuk lahan yang memiliki resistensi rendah, tetapi lebih sulit dilobangi (di bor), sehingga cukup ditanam pada kedalaman 1 meter atau lebih. Tipe ini tidak terpengaruh oleh luas lahan yang ditempati bangunan. Meskipun demikian, bila ternyata penggunaan satu buah elektroda belum mencukupi, maka harus ditambah dengan beberapa elektroda lain yang dihubungkan paralel. Ditinjau dari segi ekonomis, elektroda tipe plat ini jauh lebih mahal dibanding dengan tipe rod dan tipe pita.

Tipe-tipe elektroda untuk pentanahan kaki menara pada transmisi tegangan tinggi dan di gardu-gardu induk, antara lain bertujuan meredam perluasan tegangan langkah agar tidak membahayakan lingkungan dan manusia disekitarnya. Tipe elektroda yang lain tersebut tidak dibahas disini.

2.6. Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan

Disyaratkan bahwa tahanan pentanahan elektroda untuk penangkal petir bangunan gedung maksimum adalah sebesar 5 ohm, yang berarti makin kecil makin baik. Untuk memperoleh kapasitas bahwa tahanan pentanahan tersebut memenuhi persyaratan, maka perlu dilakukan pengetesan dengan cara pengukuran setelah elektroda ditanam.

1. Pengukuran secara konvensional

Cara ini menggunakan dua langkah, yaitu mengukur dan menghitung. Karena hasilnya tidak dapat diketahui pada saat pengukuran secara langsung (hasil pengukurannya harus dihitung dulu), maka cara demikian disebut juga “cara pengukuran tak langsung” Cara pengukuran ini menggunakan tegangan bolak-balik, dimaksudkan untuk menghindari pengaruh polarisasi elektro kimia. Bila pengaruh ini terjadi, maka bagian permukaan logam elektroda-elektrodanya akan terlapisi oleh hasil proses elektrolisa, sehingga harga resistansi yang diperoleh berubah (tidak murni).

2. Pengukuran Secara Langsung

Pada akhir-akhir ini lebih banyak digunakan cara pengukuran langsung yang menggunakan alat ukur elektronik dengan model *portable*. Alat ini dilengkapi dengan sumber DC berupa baterai yang oleh suatu rangkaian elektronik didalamnya dirubah menjadi tegangan AC (bolak balik) dan dinamakan “*Ground Resistance-meter*” atau “*Earth Resistance-meter*”. Pemakaian alat ini ternyata sangat praktis dan membantu kelancaran pelaksanaan kerja di lapangan, sebab menunjukkan pada skala meternya langsung dalam satuan resistansi (ohm), sehingga tidak perlu menghitung lagi. Selain itu tidak selalu di sebuah lokasi pekerjaan tersedia fasilitas sumber tegangan bolak-balik. Hal yang perlu diperhatikan adanya kemungkinan terjadinya kesalahan penunjukkan meter yang disebabkan oleh baterai yang sudah lemah. Tetapi untuk mengatasi hal itu, pada alat tersebut disediakan indikator yang menyatakan apakah baterai lemah atau tidak untuk mengganti baterai pun mudah dilakukan, sebab bisa digunakan baterai untuk lampu senter biasa.

3. HASIL PENELITIAN

a. Data Gedung PLN APJ Mojokerto

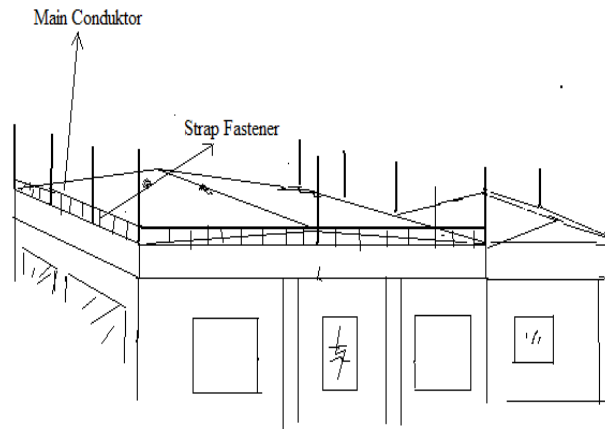
Dan lahan di belakang bangunan masih luas. Gedung PLN APJ Mojokerto tergolong gedung yang mempunyai ketinggian lebih tinggi dari sekitarnya sehingga memiliki potensi mengalami gangguan sambaran petir. Data Karakteristik Gedung APJ Mojokerto.

Tabel 1 Data Gedung PLN APJ Mojokerto

Karakteristik	Ukuran
Tinggi gedung	9 m
Panjang gedung	52 m
Lebar gedung	23 m
Jumlah orang	61 orang
Permukaan luar gedung	Tanah dan Paving
Jenis bangunan	Biasa
Karakteristik material	Beton
Jarak atap dan lisplang	1.5 m

Adapun type-type elektroda pentanahan pada dasarnya dipilih untuk memperoleh harga tahanan pentanahan sekecil mungkin, dan harga ini terutama dipengaruhi oleh struktur tanah (liat, pasir lumpur, bebatuan, dsb) Selain ini perlu diperhatikan

kemungkinan terjadinya tegangan langkah yang timbul dipermukaan tanah pada saat arus petir mencapai permukaan tersebut.



Gambar 2 .Batang Penangkal Petir Pada PT PLN APJ Mojokerto

Tabel 2. Analisa Nilai Index (Perkiraan Bahaya)

No	Nama Tabel	Nilai Index	Keterangan
A	Struktur bangunan	3	Bangunan yang berisi banyak sekali orang
B	Konstruksi Bangunan	2	Beton bertulang kerangka besi dengan atap nonlogam
C	Tinggi Bangunan	2	< 12m
D	Situasi Bangunan	0	Tanah Datar
E	Pengaruh Kilat/ hari Guruh	2	< 8 (≈Surabaya: 4,1)
	Jumlah	8	< 11 (tidak berbahaya/ diabaikan)

b. Data Bangunan Gedung A:

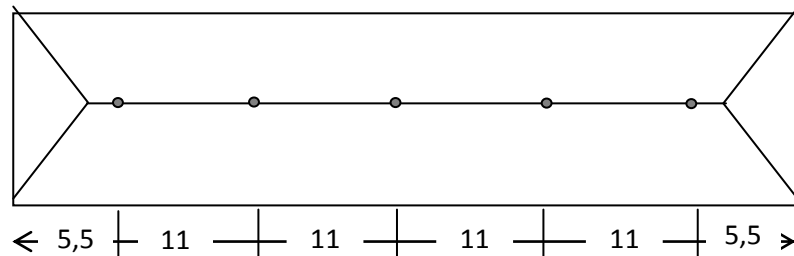
No	Definisi	Keterangan
1	Panjang atap tertinggi	52 cm
2	Panjang lantai bangunan (pondasi)	53.5 m
3	Lebar bentangan atap	12 m
4	Lebar lantai bangunan	10 m
5	Tinggi atap puncak	9 m
6	Tinggi dinding bangunan	7.5 m
7	Tinggi tiang penangkal (support)	4 m

Jumlah tiang pangkal

$$\text{Memanjang} = \frac{\text{PanjangAtapTertinggi}}{\text{TinggiAtap} + \text{TinggiTiangPenangkal}} = \frac{53,5}{2x(1,5 + 4)} = 4,86 \text{ pakai 5 buah}$$

$$\text{Melebar} = \frac{\text{LebarAtapTertinggi}}{\text{TinggiAtap} + \text{TinggiTiangPenangkal}} = \frac{12}{2x(1,5 + 4)} = 1,09 \text{ dipakai 1 buah}$$

Sehingga diperlukan tiang penangkal seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Hasil analisa PLN APJ Mojokerto dilihat dari atas.

c. Data Bangunan Gedung B:

No	Definisi	Keterangan
1	Panjang atap tertinggi	12 cm
2	Panjang lantai bangunan (Pondasi)	11 m
3	Lebar bentangan atap	11 m
4	Lebar lantai bangunan	10 m
5	Tinggi atap puncak	7.5 m
6	Tinggi dinding bangunan	7,5 m
7	Tinggi tiang penangkal (support)	4 m

Jumlah tiang pangkal

$$\text{Memanjang} = \frac{\text{PanjangAtapTertinggi}}{\text{TinggiAtap} + \text{TinggiTiangPenangkal}} = \frac{12}{2x(1,5 + 4)} = 1,09 \text{ dipakai 1 buah}$$

$$\text{Melebar} = \frac{\text{LebarAtapTertinggi}}{\text{TinggiAtap} + \text{TinggiTiangPenangkal}} = \frac{11}{2x(1,5 + 4)} = 1 \text{ buah}$$

d. Kebutuhan Konduktor BC 25 mm²

$$\text{Panjang sisi miring atap} = \sqrt{(1,5)^2 + (0,75)^2} = 1,7$$

kebutuhan total : (panjang atap paling tinggi + 4 kali ujung atap paling depan ke pojok dinding) x toleransi

$$= [52 + (4 \times 1,7) + (4 \times 7,5)] \times 10\%$$

$$= 105,96 \text{ meter dibulatkan } 106 \text{ meter}$$

e. Kebutuhan Ground Electrode :

Mencari jenis penghantar : Elektrode pentanahan terpasang : 4 buah jenis pipa air 1" (satu dim), panjang : 6 meter. Kedalaman Arde : 6 meter. Hambatan jenis konduktor BC = 0,017. Jenis tanah : tanah liat. Panjang konduktor terjauh = 1/2 panjang atap paling tinggi + panjang ujung atap ke pojok bangunan + tinggi bangunan + jarak dindding ke elektroda pentanahan

$$= (0,5 \times 14) + 5,83 + 4,7 + 1 = 18,63 \text{ dibulatkan } 19 \text{ meter}$$

$$R = \rho \frac{l}{A} ; A = \frac{\rho l}{R} ; A = \frac{0,017 \times 18}{5} = 0,72 \text{ mm}^2$$

Karena arus peting sangat besar 50 – 200 Ampere. Maka diameter penghantar yang digunakan 25 mm². Dalam pengetesan didapatkan tahanan tanah sebesar 2,94 Ohm

f. Jenis Material yang dibutuhkan :

Jumlah batang penangkal petir (air termination) = 6 buah. Penampang down conductor 25 mm jenis BC dengan panjang 106 meter. Elektrode pentanahan terpasang 4 buah jenis pipa 1" (satu dim) panjang 6 meter. Kedalaman arde 6 meter. Air termination tembaga runcing berdiameter 1" dan panjang 40 cm model Amerika sebanyak 2 buah.

g. Kemampuan Hantar Arus Penghantar

Sepuluh dari arus sambaran memiliki rata-rata 7.5 kA/μs. Arus yang tinggi dicapai sekitar 10 μs dan jatuh sampai setengahnya pada sekitar 40 μs, dan selanjutnya diikuti oleh arus yang rendah pada sekitar 100 ms. Arus sebesar 50 – 200 A mengalir pada sambaran. Hal ini terjadi pada ujung penangkal, maka diperlukan jenis penghantar yang mempunyai Kemampuan Hantar Arus minimal sama dengan arus yang melalui. Dan digunakan penghantar BC 25 mm.

4. KESIMPULAN

Dari analisa didapatkan kesimpulan sebagai berikut penangkal petir gedung bertingkat sudah memenuhi tingkat perlindungan yang sangat baik, Jumlah batang penangkal petir (air termination) = 6 buah. Penampang down conductor 25 mm jenis BC dengan panjang 106 meter. Elektrode pentanahan terpasang 4 buah jenis pipa 1” (satu dim) panjang 6 meter. Kedalaman arde 6 meter. Air termination tembaga runcing berdiameter 1” dan panjang 40 cm model Amerika sebanyak 2 buah.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. B. Leopold, Luna, Kenneth S. Davis. 1980. Air. Jakarta: Tira Pustaka. (Pustaka Ilmu Life). Edisi kedua.
2. D. Thompson, Philip, Robert O'Brien. 1980. Cuaca. Jakarta: Tira Pustaka. (Pustaka Ilmu Life). Edisi kedua.
3. Golde, R. H. 1977. Lightning. London: Academic Press Inc. Vol-2.
4. Hayt. William. H.JR, The Houw Liong, Ph.D. 1990. Elektromagnetika Teknologi. Jakarta: Penerbit Erlangga. edisi ke 4. jilid 2.
5. Hutauruk, TS. 1987. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
6. PER-02/MEN/1989. Tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir.
7. Malvino, Barmawi. 1992. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jakarta: Penerbit Erlangga.
8. Military Handbook. Grounding, Bonding & Shielding for Electronic Equipment and Facilities. Dept. of Defense Washington D.C.20301. Third edition. Vol 1.
9. Morrison. Ralph. 1986. Grounding and Shielding Techniques in Instrumentation. U.S.States: John Wiley & Sons - A Wiley-Interscience Publication. Third Edition.
10. 14. Salehudin M. 1995. Pengaruh Petir Pada Perangkat Elektronika Dan Telekomunikasi. Malang: Seminar Nasional HME-ITN.
11. 15. Sirait K. T., Pakpahan P. 1995. Gejala Petir Di Indonesia. Malang: Seminar Nasional Dan Rapat Kerja Nasional FKHMEI HME-ITN.
12. 16. Sirait K. T., Zoro R. 1986. Perlindungan Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik. Bandung: Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Dan Pengukuran Listrik Jurusan Teknik Elektro ITB.
13. 17. Sutanto, Hendrayah, Soeryaningprang M. 1994. Penangkal Petir Radioaktif. Biro Pengawasan Tenaga Atom. BATAN.
14. 18. Zoro. R, Madilawati. 1993. Parameter Petir dan Aplikasinya untuk Proteksi Peralatan. Seminar Sehari Tentang Grounding dan Penangkal Petir.