



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Petir

2.1.1. Pengertian Petir

Petir juga kita kenal sebagai halilintar atau kilat. Petir seringkali kita temui ketika usim penghujan datang. Petir mempunyai ciri khas berupa kilatan putih yang terang dan isusul dengan suara dentuman yang keras. Petir merupakan Politeknik Negeri Sriwijaya 17 sebuah gejala alam yang biasa terjadi dimanapun ketika musim hujan tiba, tak terkecuali di Indonesia. Yang dinamakan petir ialah kilatan cahaya putih yang menyilaukan, sementara suara menggelegar yang datang sesudahnya disebut dengan guruh. Petir dan guruh datang beriringan, namun terkadang jeda waktu antara kilatan dan juga suara gemuruh terbilang sesaat. Perbedaan waktu datang ini disebabkan karena perbedaan antara kecepatan suara dan juga kecepatan cahaya. Pada gambar 2.1 terlihat bahwa bentuk petir yang menyambar menyerupai bentuk akar atau disebut step leader yang terus berulang menembus udara di sekitarnya hingga akhirnya jatuh ke bumi.



Gambar 2.1 Petir



Fenomena petir merupakan suatu gejala dan fenomena alam akibat terjadinya beda potensial antara bumi dengan awan. Petir dianalogikan sebagai sebuah kapasitor raksasa, dimana awan merupakan lempeng pertama, dan lempeng kedua adalah bumi merupakan lempeng netral. Kapasitor merupakan sebuah komponen pasif dimana bisa menyimpan energy sesaat. Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan, dimana salah satu awan bertindak sebagai muatan negative dan awan lainnya bermuatan positif .

2.1.2 Fenomena terjadinya petir

Ketika kuat medan listrik diawan melebihi harga kuat medan tembus udara (30 kV/cm) maka akan terjadi lidah pelopor (pilot stremer) yang menentukan arah perambatan lidah petir (leader) dari awan ke udara. Gerakan lidah pelopor diikuti oleh lompatan- lompatan titik cahaya yang jalannya terputah-putah (step leader). Terjadinya sambaran petir selalu diawali oleh lidah- lidah petir yang bergerak turun (downward leader) dari awan bermuatan [2, 5].

Ada beberapa tahapan yang biasanya dilalui, tahap pertama adalah pemampatan muatan listrik pada awan bersangkutan. Bagian paling atas awan adalah listrik muatan negatif, bagian tengah listrik bermuatan positif, bagian dasar adalah muatan negatif yang berbaaur dengan muatan positif (tempat petir biasanya berlontaran), besar medan listrik minimal yang memungkinkan terpicunya petir ini adalah sekitar 1.000.000 volt per meter.

Suara petir berasal dari loncatan elektron yang menembus batas isolasi udara. Loncatan elektron yang berupa bunga api tersebut besar dan panas. Pada saat bunga api itu melewati udara, udara tersebut akan memuai. Kilat petir terjadi dalam bentuk setidaknya dua sambaran.

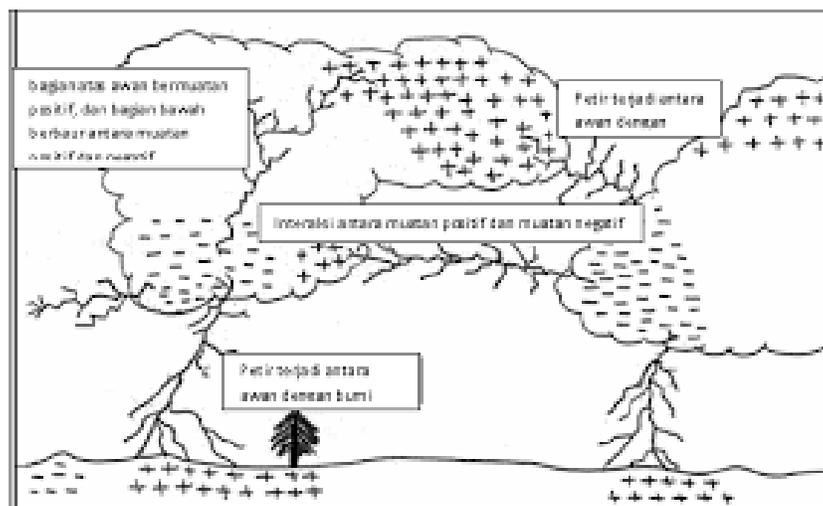
Sambaran pertama muatan negatif (-) mengalir dari awan ke permukaan tanah. Sejumlah kilat percabangan biasanya dapat terlihat menyebar keluar dari jalur kilat utama. Ketika sambaran pertama ini mencapai permukaan tanah,



sebuah muatan berlawanan terbentuk pada titik yang akan disambarnya dan arus kilat kedua yang bermuatan positif terbentuk dari dalam jalur kilat utama tersebut langsung menuju awan (Sambaran Kedua).

Dua kilat tersebut biasanya berada sekitar 50 meter di atas permukaan tanah. Arus pendek terbentuk di titik pertemuan antara awan dan permukaan tanah tersebut, dan hasilnya sebuah arus listrik yang sangat kuat dan terang mengalir dari dalam jalur kilat utama itu menuju awan. Perbedaan tegangan pada aliran listrik antara awan dan permukaan tanah ini melebihi beberapa juta volt.

Semakin besar muatan maka beda potensial antara awan dan tanah akan bertambah sehingga semakin besar pula medan listrik yang terjadi. Jika medan listrik yang ditimbulkan melebihi kuat medan tembus udara ketanah maka akan terjadi pelepasan atau peluahan muatan listrik (discharge) pada saat itulah terjadi kilat atau petir (sambaran petir) Mekanisme terjadinya petir dapat dilihat di gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Terbentuknya petir



Ada dua teori terbentuknya petir didalam awan :

1. Proses Ionisasi
2. Gesekan antar awan

2.1.2.1 Proses Ionisasi

Petir terjadi karena terkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan,. Proses Ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair.

Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi.

2.1.2.2 Gesekan Antar Awan

Mulanya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses ini maka awan saling bergesekan satu dengan yang lainnya yang menyebabkan munculnya elektron-elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa digambarkan secara sederhana pada 8 sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas. Pada suatu saat awan ini akan terkumpul di sebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena elektron-elektron bebas ini saling menguatkan satu dengan lainnya, Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi.

2.1.3 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 pengaman yang harus didesain. jenis-jenis parameter petir ditampilkan pada Tabel 2.1



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)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	$Di/dt_{30/90\%}$ (kA/ μ s)	200	150	100

Tabel 2.1 Jenis-jenis parameter

Berikut ini adalah 4 parameter untuk desain peralatan proteksi petir :

2.1.3.1 Arus Puncak

Pada tipe petir cloud-ground (CG), arus terbesar dihasilkan oleh sambaran balik. Arus puncak sambaran balik penting dalam kasus dimana objek yang disambar terdapat beban resistif (R), sebagai contoh jaringan transmisi, pohon, ground-rods yang ditanaman di dalam tanah, dll. Sebagai contoh, ketika petir menyambar jaringan transmisi dengan I_{max} 30 kA dengan impedansi surja 400 V, hal ini dapat menyebabkan timbulnya tegangan lebih 600 kV (diasumsikan Politeknik Negeri Sriwijaya 20 terjadinya pembagian arus). Tegangan lebih yang timbul dapat menyebabkan flashover pada isolasi. Gaya magnetik yang dihasilkan oleh arus puncak tersebut dapat menyebabkan putusnya kawat penghantar.

Bukti yang ada mengindikasikan bahwa arus puncak petir tidak dipengaruhi oleh konduktivitas tanah. Akan tetapi, pada nilai arus puncak petir yang sama akan ada efek samping untuk tanah berkonduktivitas rendah dibandingkan tanah berkonduktivitas tinggi.



Rumus Arus Puncak (I_{max}) :

$$U_m = I_m \times R$$

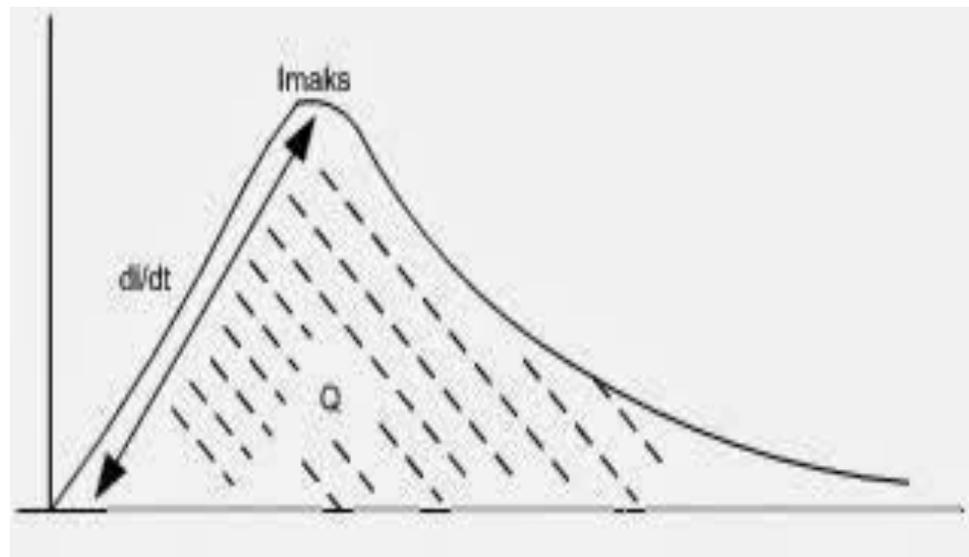
Keterangan :

U_m = Tinggi tegangan jatuh

I_m = Arus petir puncak

R = Tahanan tanah

Gambar 2.3 Arus Puncak (I_{max})



2.1.3.2 Kecuraman arus petir (di/dt)

Pada objek yang memiliki impedansi induktif seperti kabel dll, tegangan lebih petir maksimum sebanding dengan laju maksimum perubahan arus, atau dapat dinyatakan:

$$U = L \frac{di}{dt}$$



Keterangan:

U = Tegangan Induktansi

L = Induktansi Matal/kabel

di/dt = Laju kenaikan arus terhadap waktu/kecuraman arus petir

Maksimum di/dt terjadi pada sambaran balik dari gelombang petir dan sambaran balik positif lebih kecil dari pada sambaran balik petir negatif.

2.1.3.3 Muatan arus petir (Q) atau tranfer muatan

Pemanasan dan lumer/ bolong pada suatu objek metal yang terkena petir sebanding dengan harga muatan yang ditransfer, dan juga tergantung pada arus dimana muatan ini ditransfer. Muatan dinyatakan sbb :

$$Q = \int i. dt$$

$$W = Q.Va.K$$

Keterangan ;

Q = Muatan Total/Muatan Petir

W = Jumlah Energi

I = Arus Petir

Va.K = Tegangan jatuh anoda katoda

Atau dengan kata lain, muatan arus petir menyebabkan suatu peralatan yang terkena petir akan lumer/ bolong. Daya yang dikirim ke titik sambar adalah perkalian arus dan drop tegangan (5 hingga 10 V) pada *interface arc- metal*. Muatan yang terdapat pada petir dikarenakan adanya arus kontiniu yang panjang yang disebabkan sambaran balik. Sekalipun



terjadi sambaran balik yang sangat besar namun terjadi dalam orde mikro sekon (sangat cepat), tidak akan dapat mentransfer muatan sebanyak arus petir kontiniu namun terjadi dalam waktu yang lama (orde mili sekon), sekalipun arus tersebut lebih kecil (100-1000 A).

2.1.3.4 Impulse force (E)

Impulse force adalah besaran yang mengukur kemampuan arus petir untuk membangkitkan panas pada suatu objek yang terkena petir, dimana objek tersebut adalah objek yang memiliki impedansi resistif. Hal ini dinyatakan sbb :

$$E = \int i^2 \cdot dt$$

Keterangan :

E = Energi yang timbul

I = Arus petir

t = Waktu

Kecepatan panas, hancur, meledak dan terbakarnya suatu material bukan penghantar ditentukan oleh nilai E. Besaran ini merupakan parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam penentuan dimensi/ ukuran konduktor yang terkena petir. Umumnya nilai ini adalah $5,5 \times 10^4$ pada sambaran balik negatif dan $6,5 \times 10^5$ A²s pada sambaran balik positif.

2.2 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan dan mengakibatkan efek kerugian bagi objek-objek antara lain :

1. Sambaran Petir Langsung terhadap bangunan

Sambaran petir yang langsung mengenai struktur bangunan rumah, kantor dan gedung, tentu saja hal ini sangat membahayakan bangunan tersebut beserta seluruh isinya karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan perangkat elektrik/elektronik atau bahkan korban jiwa. Maka dari



itu setiap bangunan diwajibkan memasang instalasi penangkal petir. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang terminal penerima sambaranpetir serta instalasi pendukung lainnya yang sesuai dengan standart yang telah di tentukan. Terlebih lagi jika sambaran petir langsung mengenai manusia, maka dapat berakibat luka atau cacat bahkan dapat menimbulkan kematian. Banyak sekali peristiwa sambaran petir langsung yang mengenai manusia dan biasanya terjadi di areal terbuka.

2. Sambaran Petir melalui jaringan listrik

Bahaya sambaran ini sering terjadi, petir menyambar dan mengenai sesuatu di luar area bangunan tetapi berdampak pada jaringan listrik di dalam bangunan tersebut, hal ini karena sistem jaringan distribusi listrik/PLN memakai kabel udara terbuka dan letaknya sangat tinggi, bilamana ada petir yang menyambar pada kabel terbuka ini maka arus petirakan tersalurkan ke pemakai langsung. Cara penanganannya adalah dengan cara memasang perangkat arrester sebagai pengaman tegangan lebih (over 9 voltage). Instalasisurge arrester listrik ini dipasang harus dilengkapi dengan grounding system.

3. Sambaran melalui Jaringan Telekomunikasi

Bahaya sambaran petir jenis ini hampir serupa dengan yang ke-2 akan tetapi berdampak pada perangkat telekomunikasi, misalnya telepon dan PABX. Penanganannya dengan carapemasangan arrester khusus untuk jaringan PABX yang di hubungkan dengan grounding. Bila bangunan yang akan di lindungi mempunyai jaringan internet yang koneksinya melalui jaringan telepon maka alat ini juga dapat melindungi jaringan internet tersebut.

Pengamanan terhadap suatu bangunan atau objek dari sambaran petir pada prinsipnya adalah sebagai penyedia sarana untuk menghantarkan arus petir yang mengarah ke bangunan yang akan kita lindungi tanpa melalui struktur bangunan



yang bukan merupakan bagian dari sistem proteksi petir atau instansi penangkal petir, tentunya harus sesuai dengan standar pemasangan instalasinya.

Ada 2 jenis kerusakan yang disebabkan sambaran petir :

1. Kerusakan Thermis, Kerusakan yang menyebabkan timbulnya kebakaran,
2. Kerusakan Mekanis, kerusakan yang menyebabkan struktur bangunan retak, rusaknya peralatan elektronik bahkan menyebabkan kematian

a. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

Kerusakan ini biasanya langsung mudah diketahui sebabnya, karena jelas petir menyambar sebuah gedung dan sekaligus peralatan listrik atau elektronik yang ada di dalamnya ikut rusak kemungkinan mengakibatkan kebakaran gedung, dan kerusakan yang parah pada peralatan PABX, kontrol AC, komputer, alat pemancar yang akan hancur total.

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 atau kabel PLN, telekomunikasi, pipa pam dan peralatan besi lainnya dapat mencapai 1 km dari tempat petir tadi terjadi. Sehingga tanpa disadari dengar tiba-tiba peralatan komputer, pemancar TV, radio, PABX terbakar dan rusak. Misalkan Petir menyambar tiang PLN lokasi A sehingga tegangan atau 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. Dengan berkembangnya teknologi yang sangat pesat hingga kini, maka pelepasan muatan petir dapat merusak jaringan listrik dan peralatan elektronik yang lebih sensitif.



Sambaran petir pada tempat yang jauh sudah mampu merusak sistem elektronika dan peralatannya, seperti instalasi komputer, perangkat telekomunikasi seperti PABX, sistem kontrol, alat-alat pemancar dan instrument serta peralatan elektronik sensitif lainnya. Untuk mengatasi masalah ini maka perlindungan yang sesuai harus diberikan dan dipasang pada peralatan atau instalasi terhadap bahaya sambaran petir langsung maupun induksinya. Salah satu penyebab semakin tingginya kerusakan peralatan elektronika karena induksi sambaran petir tersebut adalah karena sangat sedikitnya informasi mengenai petir dan masalah yang dapat ditimbulkannya.

Menanam elektroda pentanahan secara merata di sekeliling bangunan, sehingga tegangan tanah yang timbul di sekeliling bangunan dapat diperkecil. Memperdalam pentanahan elektroda pentanahan sehingga dari arus petir dapat menyebar di bagian permukaan sebelah dalam dari tanah relatif lebih banyak dibandingkan dengan muatan yang mengalir di permukaan tanah, sehingga tegangan tanah di permukaan dapat diperkecil. Menghubungkan sistem perpipaan tersebut dengan elektroda pentanahan yang terdekat atau dengan menggunakan sistem pentanahan yang berbentuk grid.

2.3 Efek Sambaran Petir

Sambaran Petir memiliki beberapa efek yang dapat merugikan dan berbahaya bagi manusia. Efek atau fenomena sambaran petir dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Efek Listrik

Ketika arus petir melalui kabel penyalur (konduktor) menuju resistansi elektroda bumi instalasi penangkal petir, akan menimbulkan tegangan jatuh resistif, yang dapat dengan segera menaikkan tegangan sistem proteksi kesuatu nilai yang tinggi dibanding dengan tegangan bumi. Arus



petir ini juga menimbulkan gradien tegangan yang tinggi disekitar elektroda bumi, yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Dengan cara yang sama induktansi sistem proteksi harus pula diperhatikan karena kecuraman muka gelombang pulsa petir. Dengan demikian tegangan jatuh pada sistem proteksi petir adalah jumlah aritmatik komponen tegangan resistif dan induktif

2. Efek Tegangan Tembus – Samping

Titik sambaran petir pada sistem proteksi petir bisa memiliki tegangan yang lebih tinggi terhadap unsur logam didekatnya. Maka dari itu akan dapat menimbulkan resiko tegangan tembus dari sistem proteksi petir yang telah terpasang 10 menuju struktur logam lain. Jika tegangan tembus ini terjadi maka sebagian arus petir akan merambat melalui bagian internal struktur logam seperti pipa besi dan kawat. Tegangan tembus ini dapat menyebabkan resiko yang sangat berbahaya bagi isi dan kerangka struktur bangunan yang akan dilindungi.

3. Efek Termal

Dalam kaitannya dengan sistem proteksi petir, efek termal pelepasan muatan petir adalah terbatas pada kenaikan temperatur konduktor yang dilalui arus petir. Walaupun arusnya besar, waktunya adalah sangat singkat dan pengaruhnya pada sistem proteksi petir biasanya diabaikan. Pada umumnya luas penampang konduktor instalasi penangkal petir dipilih terutama untuk memenuhi persyaratan kualitas mekanis, yang berarti sudah cukup besar untuk membatasi kenaikan temperatur 1 derajat Celsius

4. Efek Mekanis

Apabila arus petir melalui kabel penyalur paralel (konduktor) yang berdekatan atau pada konduktor dengan tekukan yang tajam akan menimbulkan gaya mekanis yang cukup besar, oleh karena itu diperlukan ikatan mekanis yang cukup kuat. Efek mekanis lain ditimbulkan oleh sambaran petir yang disebabkan kenaikan temperatur udara yang tiba-tiba



mencapai 30.000 K dan menyebabkan ledakkan pemuaiian udara disekitar jalur muatan bergerak. Hal ini dikarenakan jika konduktifitas logam diganti dengan konduktifitas busur api listrik, enegi yang timbul akan meningkatkan sekitar ratusan kali dan energi ini dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan yang dilindungi.

5. Efek Kebakaran Karena Sambaran Langsung

Ada dua penyebab utama kebakaran bahan yang mudah terbakar karena sambaran petir, pertama akibat sambaran langsung pada fasilitas tempat penyimpanan bahan yang mudah terbakar. Bahan yang mudah terbakar ini mungkin terpengaruh langsung oleh efek pemanasan sambaran atau jalur sambaran 11 petir. Kedua efek sekunder, penyebab utama kebakaran minyak. Terdiri dari muatan terkurung, pulsa elektrostatis dan elektromagnetik dan arus tanah.

6. Efek Muatan Terjebak

Muatan statis ini di induksikan oleh badai awan sebagai kebalikan dari proses pemuatan lain. Jika proses netralisasi muatan berakhir dan jalur sambaran sudah netral kembali, muatan terjebak akan tertinggal pada benda yang terisolir dari kontak langsung secara listrik dengan bumi, dan pada bahan bukan konduktor seperti bahan yang mudah terbakar. Bahan bukan konduktor tidak dapat memindahkan muatan dalam waktu singkat ketika terdapat jalur sambaran.

2.4 Sistem Proteksi Petir

Sistem proteksi petir adalah sebuah rangkaian sistem proteksi atau perlindungan dari bahaya sambaran petir, baik itu sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung. sebagaimana sudah sama-sama kita ketahui betapa bahayanya efek maupun dampak dari sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung dan sistem proteksi petir merupakan salah satu cara atau upaya mengatasi sambaran petir.

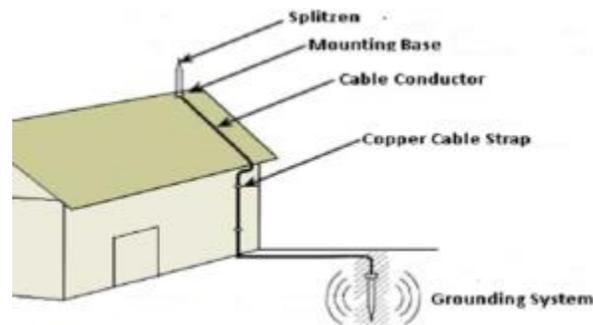
Sistem proteksi petir terbagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu :



1. Sistem Proteksi Petir Eksternal
2. Sistem Proteksi Petir Internal

Untuk mengetahui apa itu sistem proteksi petir eksternal maupun sistem proteksi petir internal serta bagaimana cara kerjanya dan apa saja cakupan dari proteksi eksternal dan proteksi internal mari kita simak pembahasan secara mendalam di bawah ini :

2.4.1 Sistem Proteksi Petir Eksternal



Gambar 2.4 Sistem Proteksi Petir Eksternal

Sistem Proteksi Petir eksternal adalah sebuah rangkaian sistem perlindungan bagian luar untuk melindungi sebuah obyek dari bahaya sambaran petir secara langsung atau bahaya sambaran energi utama dari petir, proteksi eksternal inilah yang dikenal oleh masyarakat luas dengan istilah penangkal petir, anti petir atau penyalur petir. mari kita sebut dengan istilah penangkal petir sebelum kita bahas lebih mendalam dan menjadi tau istilah apa yang lebih tepat untuk sistem proteksi eksternal ini.

2.4.1.1 Pengertian Penangkal Petir

Penangkal petir atau anti petir atau penyalur petir adalah sebuah istilah berbeda kata namun bermakna sama dari sebuah sistem rangkaian jalur yang berfungsi sebagai saluran atau jalan bagi energi utama sambaran petir untuk disalurkan menuju tempat pembuangan akhir alami yang telah



diciptakan oleh Tuhan Sang Maha Pencipta yaitu bumi tanpa harus merusak benda atau obyek atau apapun yang dilewati oleh energi utama petir, oleh karena itu istilah yang lebih tepat dari sebuah sistem rangkaian jalur tersebut adalah Penyalur Petir tetapi apakah arti sebuah istilah kalau bermakna dan berfungsi sama.

2.4.1.2 Sejarah Penangkal Petir

Penangkal petir atau anti petir atau penyalur petir salah satu rangkaian sistem proteksi petir yang pertama kali ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ilmuwan asal amerika serikat bernama benjamin franklin sekitar tahun 1752. Sebelum sistem proteksi penangkal petir ini ditemukan oleh sang ilmuwan, petir masih dianggap sebagai sebuah kutukan dari langit.



Gambar 2.5 Benjamin Franklin Penemu Penangkal Petir

Sang penemu sistem proteksi penangkal petir Benjamin Franklin tidak percaya bahwa petir adalah sebuah kutukan dari langit, lalu ia pun menganalisa apakah ada persamaan antara petir dan aliran listrik, setelah ia melakukan berbagai percobaan untuk mendukung analisisnya itu akhirnya benjamin franklin dapat menyimpulkan bahwa petir adalah sebuah proses pelepasan muatan atau aliran listrik kemudian dia mulai memikirkan bagaimana cara memberikan sebuah perlindungan terhadap makhluk hidup



maupun benda-benda yang ada di bumi agar terhindar dari bahaya sambaran petir.

Setelah sekian lama berpikir dan melakukan pengamatan, Benjamin Franklin mulai melakukan percobaan atau eksperimen dengan menggunakan sebuah benda dari metal atau logam berbentuk runcing yang telah diikatkan pada sebuah layang-layang yang diterbangkan. Apabila petir menyambar benda logam yang diikatkan pada layang-layang tersebut maka dapat dipastikan arus listrik pada petir akan dapat dialirkan menuju bumi melalui tali atau kawat yang terbuat dari logam sesuai dengan prinsip kerja mengalirkan arus listrik pikir benjamin.

Atas dasar itulah akhirnya ia mulai menciptakan sebuah sistem penangkal petir dengan memasang rod / tombak penerima / terminasi udara menggunakan besi atau tembaga (sebagai penghantar listrik yang baik) berbentuk runcing sesuai dengan percobaannya itu yang kemudian dihubungkan dengan sebuah konduktor terbuat dari tembaga menuju sistem pembumian. Penangkal petir ciptaannya inilah yang akhirnya dikenal dengan nama franklin rod.

2.4.1.3 Komponen Penangkal Petir

Sesuai penjelasan diatas berdasar sejarah ditemukannya penangkal petir sistem proteksi petir oleh Benjamin Franklin, ada 3 (tiga) komponen atau bagian utama dalam rangkaian sistem penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi eksternal yaitu :

1. Terminasi udara (Air Terminal) Atau *Lightning Rod*

Salah satu komponen utama atau bagian penting dari rangkaian sistem penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi eksternal adalah air terminal atau lghtning rod, air terminal atau lightning rod atau yang biasa kita dengar



dengan istilah tombak, splitsen, head terminal air adalah sebuah perangkat terminasi udara terbuat dari logam (besi/tembaga/kuningan/aluminium) berbentuk runcing serta dipasang secara tegak pada bangunan atau obyek lain yang difungsikan khusus untuk menangkap atau menerima sambaran langsung energi utama dari petir.

Area perlindungan dari sebuah terminasi udara atau air terminal penangkal petir ditentukan oleh jarak sambar suatu sambaran petir yang panjangnya ditentukan oleh berapa tinggi kekuatan dari arus petir. Seiring perkembangan zaman melalui riset dan penelitian ditemukanlah salah satu teori dan metoda yang digunakan hingga saat ini untuk menentukan penempatan terminasi udara atau air terminal serta untuk mengetahui area perlindungan yaitu metoda bola bergulir (rolling sphere method).

Metode bola bergulir sangat baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit, dengan metode ini seolah-olah ada suatu benda berbentuk bola dengan radius R yang bergulir diatas struktur bangunan dan sekeliling struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur bangunan yang berhubungan dengan bumi serta dapat bekerja sebagai penghantar yang baik. Titik sentuh bola yang bergulir pada struktur adalah titik yang kemungkinan besar akan disambar oleh petir dan pada titik tersebut harus di proteksi oleh air terminal / lightning rod / tombak / splitsen atau head terminal air.

Teori metoda bola bergulir inilah yang pada akhirnya menjadi dasar pemikiran perancangan sistem proteksi penangkal petir Faraday Cage (Sangkar Faraday) yang ditemukan dan diperkenalkan oleh penemu sistem proteksi penangkal petir



Faraday Cage (Sangkar Faraday) yaitu Michael Faraday seorang ilmuwan asal Inggris untuk menyempurnakan sistem proteksi penangkal petir Franklin Rod yang ditemukan oleh Benjamin Franklin yang hingga saat ini dikenal oleh masyarakat sebagai Penangkal Petir sistem Konvensional. Karena teori metoda bola bergulir pula seiring waktu zaman berkembang semakin canggih dan modern akhirnya ditemukan pula sistem proteksi penangkal petir modern bernama Early Streamer emission (ESE) atau Elektrostatik.

2. Konduktor penyalur arus petir (Main/Down Conductor) atau Kabel Penghantar

Konduktor penyalur arus petir atau yang biasa kita dengar dengan istilah main conductor atau down conductor adalah komponen utama atau bagian paling penting lainnya dari sistem proteksi penangkal petir, down conductor atau kabel penghantar adalah sebuah material terbuat dari logam bisa tembaga / besi / aluminium / baja (penghantar listrik yang baik) yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur arus petir yang ditangkap atau diterima oleh air terminal (terminasi udara) untuk disalurkan ke tempat pembuangan akhir yaitu bumi tanpa merusak benda atau apapun yang dilewatinya.



Gambar 2.6 Kabel Penghantar

Jenis-jenis bahan material kabel penghantar penangkal petir yang baik sebagai berikut :

- a. Kabel kawat tembaga murni, ada 3 (tiga) jenis kabel kawat tembaga murni yang baik digunakan sebagai penghantar arus petir yaitu kabel bc , kabel nyy dan kabel nya. Kabel BC adalah kabel tembaga murni (bare copper) tanpa isolator alias telanjang, Kabel NYY adalah kabel tembaga murni dengan 2 (dua) lapis isolator pada bagian luarnya untuk menghindari induksi tembus samping dari tegangan arus petir yang sangat besar dan Kabel NYA adalah kabel tembaga murni dengan 1 (satu) lapis isolator pada bagian luarnya.
- b. Kabel aluminium atau biasa disebut dengan Kabel AAC (All Aluminium Cable).
- c. Kabel campuran aluminium dengan baja atau biasa disebut Kabel ACSR (Aluminium Cable Steel Reinforce).
- d. Kabel kawat baja yang diberi lapisan tembaga atau biasa disebut Copper Weld.
- e. Kabel aluminium puntir berisolasi atau biasa disebut twisted wire



- f. Kabel Coaxial atau biasa disebut Kabel HVSC (High Voltage Shielded Cable), Kabel Coaxial atau Kabel HVSC adalah suatu kabel penghantar terbuat dari tembaga murni dengan impedansi rendah yang dilapisi dengan isolasi berlapis-lapis untuk digunakan pada aplikasi tegangan tinggi.

Pemilihan jumlah besaran dan posisi dari kabel penghantar arus petir diharuskan mempertimbangkan dan memperhitungkan resiko loncatan ke samping dan gangguan elektro magnetik penyebab arus liar pada struktur atau perangkat bangunan dapat diminimalisir sekecil mungkin.

3. Sistem Pembumian atau Grounding system

Sistem pembumian atau yang sering kita dengar dengan istilah grounding system merupakan komponen utama yang terakhir dari sebuah sistem proteksi penangkal petir, sistem pembumian atau grounding system adalah tempat pembuangan akhir dari arus sambaran petir yang ditangkap atau diterima oleh terminasi udara (air terminal) yang kemudian disalurkan melalui kabel penghantar atau down conductor menuju grounding system.

Sistem pembumian atau grounding sistem adalah sebuah cara untuk melakukan penanaman satu atau beberapa elektroda ke dalam tanah dengan cara pengeboran maupun penggalian dengan kedalaman tertentu untuk mendapatkan sebuah nilai resistansi atau tahanan pembumian yang diharuskan.

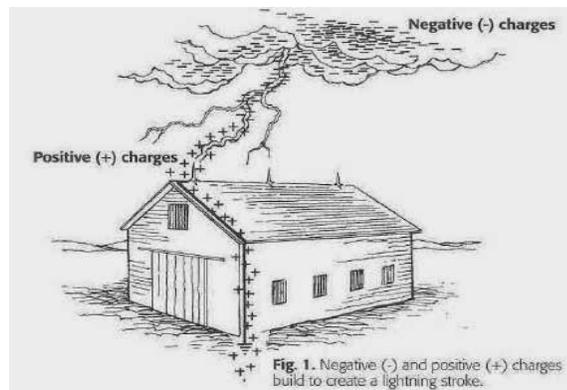
Elektroda sistem pembumian atau grounding system adalah suatu benda terbuat dari logam padat (bisa tembaga



maupun penghantar arus listrik yang baik lainnya) yang difungsikan sebagai pusat akhir pembuangan atau penghantaran arus energi utama petir, elektroda yang sudah di koneksikan dengan kabel penghantar tersebut membuat kontak langsung dengan bumi. Kabel penghantar tidak ber-isolasi yang juga ditanam ke dalam bumi juga dapat dikategorikan sebagai elektroda, pembahasan mendalam mengenai grounding system dapat klik disini.

2.4.1.4 Cara Kerja Penangkal Petir

Cara kerja penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi petir eksternal adalah pada saat permukaan awan sudah dipenuhi muatan ion negatif dan mulai mencari pembuangan maka secara otomatis muatan ion positif yang ada didalam bumi (grounding system) akan tertarik oleh muatan ion negatif yang ada di awan (seperti magnet).



Gambar 2.7 Cara Kerja Penangkal Petir

Oleh karena itu dapat dikatakan penangkal petir , anti petir atau penyalur petir sistem proteksi petir eksternal adalah sebuah media perantara penghantaran ion positif yang ada di bumi agar energi utama arus petir tidak merusak benda apapun yang dilewatinya, muatan ion positif



yang ada di bumi merambat naik melalui elektroda yang sudah ditanam ke dalam bumi lalu menuju ujung batang terminasi udara (air terminal) yang berbentuk runcing melalui kabel penghantar.

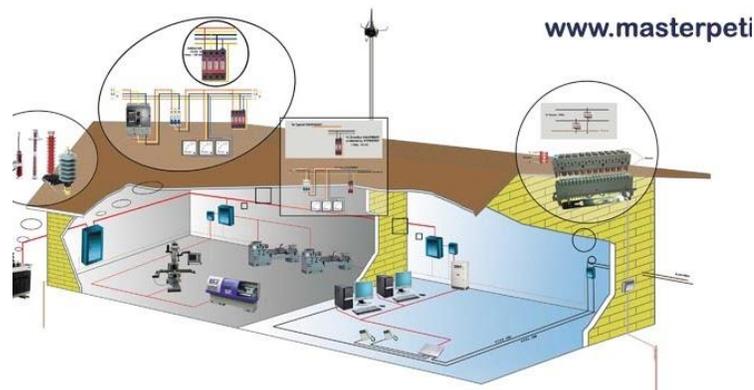
Ketika muatan ion positif dari dalam bumi sudah berada di puncak tertinggi terminasi udara (air terminal) maka terjadi daya tarik menarik seperti magnet, ketika muatan ion positif di puncak terminasi udara tertarik menuju muatan ion negatif yang ada di awan begitupun sebaliknya yang pada akhirnya kedua muatan tersebut saling bertemu maka disitulah akan tercipta arus aliran listrik yang sangat besar yang disebut petir. Arus aliran listrik yang sangat besar yang diterima oleh terminasi udara (air terminal) tersebut akan mengalir menuju sistem pembumian atau grounding system melalui kabel penghantar atau down conductor sehingga arus aliran listrik dari petir yang sangat besar tersebut tidak mengenai bangunan atau apapun yang ada disekitarnya.

Akan tetapi masih ada kemungkinan besar lainnya yang dapat merusak dari bahaya sambaran petir yaitu radiasi kosmik, untuk mengetahui apa itu radiasi kosmik. Radiasi kosmik adalah bahaya sambaran petir tidak langsung yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur maupun perangkat listrik maupun elektronik yang ada dalam bangunan, radiasi kosmik merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik yang menempel pada bangunan lalu menimbulkan arus liar yang lebih besar pada jaringan listrik sehingga dapat merusak secara perlahan seluruh perangkat listrik maupun elektronik yang ada di dalam bangunan. Oleh karena itu sangat diperlukan juga memasang sistem proteksi petir internal tersebut untuk menghindari bahaya sambaran petir secara tidak langsung.



2.4.2 Sistem Proteksi Petir Internal

Sistem proteksi petir internal adalah sebuah rangkaian sistem yang difungsikan sebagai perlindungan dari bahaya sambaran petir secara tidak langsung yang dapat merusak segala perangkat listrik maupun elektronik yang berada didalam bangunan.



Gambar 2.8 Penangkal Petir Internal

Pengertian sistem proteksi petir internal menurut International Electrotechnical Commission (IEC) TC 81/1989 mengenai konsep Lightning Protection Zone (LPZ), sistem proteksi petir internal adalah sebuah upaya perlindungan (proteksi) perangkat listrik maupun perangkat elektronik terhadap efek dari arus petir, terutama efek medan magnet dan medan listrik yang disebabkan oleh radiasi kosmik pada instalasi metal maupun sistem listrik didalam struktur bangunan.

Sistem proteksi petir internal terdiri atas pencegahan terhadap bahaya dampak sambaran petir secara tidak langsung dan pencegahan terhadap kemungkinan bahaya ekuipotensialisasi atau perbedaan potensial pada arus listrik, ada 2 (dua) jenis sistem proteksi petir internal yang optimal digunakan



sebagai upaya perlindungan terhadap bangunan dari bahaya sambaran petir secara tidak langsung, yaitu :

2.4.2.1 Surge Arrester System

Surge arrester system adalah salah satu metode pada sistem proteksi petir internal yang difungsikan untuk mengatasi gangguan surja petir, gangguan surja petir merupakan salah satu gangguan alamiah yang pasti dialami oleh setiap sistem tenaga listrik yang disebabkan oleh efek medan magnet dan efek medan listrik yang diakibatkan oleh radiasi kosmik atau sambaran petir secara tidak langsung.



Gambar 2.9 Arrester

Surge arrester system pada sistem proteksi petir internal adalah sebuah rangkaian sistem yang bekerja dengan cara meng-implementasikan resistor non linier pada peralatan listrik yang mempunyai nilai tegangan sangat besar serta berlebihan dari arus sambaran petir secara tidak langsung. Pada saat sparkover maka tegangan akan menurun dan tegangan residu akan discharge. Besaran nilai sparkover dan tegangan residu pada arus listrik tergantung dari karakteristik surge arrester yang digunakan.

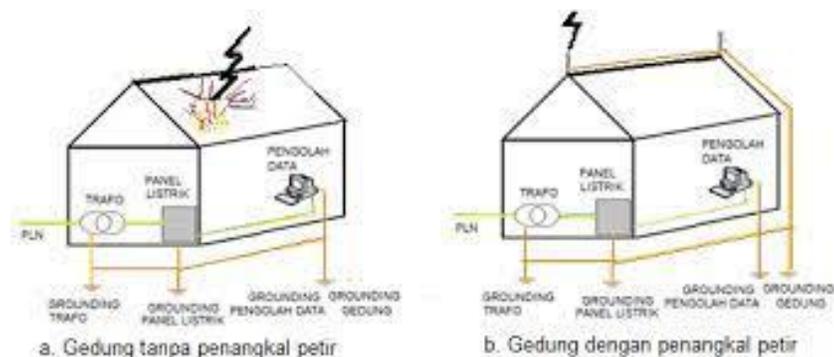


Sebagai contoh pada saat tegangan surja atau arus liar mencapai 51 Kv melebihi tegangan residu pada surge arrester yang hanya 10 Kv maka sepersekian detik nilai tegangan surja tersebut akan menurun drastis menyesuaikan dengan tegangan residu pada surge arrester, kelebihan nilai tegangan tersebut akan dibuang menuju sistem pembumian atau grounding system yang telah dihubungkan pada surge arrester.

Surge arrester system ini akan sangat bermanfaat jika di aplikasikan pada peralatan atau perangkat elektronik dan listrik pada bangunan mengingat efek yang ditimbulkan oleh bahaya sambaran petir secara tidak langsung sangatlah besar.

2.4.2.2 Grounding Internal System

Grounding internal merupakan salah satu metoda yang dapat dilakukan dalam rangkaian sistem proteksi petir internal, grounding internal adalah sebuah rangkaian sistem pembumian yang difungsikan membuang arus liar yang disebabkan oleh efek medan magnet dan efek medan listrik yang dihasilkan oleh radiasi kosmik dari sambaran petir secara tidak langsung.



Gambar 2.10 Sistem Grounding Internal

Cara kerja grounding internal hampir sama dengan surge arrester system hanya pada grounding internal tidak memiliki teknologi yang



dimiliki oleh surge arrester system, grounding internal sangat cocok digunakan ketika memiliki budget terbatas. hanya saja sayangnya ada kekurangan pada grounding internal yaitu tidak dapat mengendalikan nilai tegangan residu seperti surge arrester system.

Suatu sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik untuk mencegah potensi bahaya listrik terhadap manusia, peralatan maupun sistem pelayanannya. Terdapat 3 macam elektroda pentanahan yaitu bentuk batang (rod), bentuk pita (kisi-kisi), dan bentuk plat :

1. Elektroda Batang (Rod)

Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam.

2. Elektroda Pita (Kisi-Kisi)

Elektroda pita merupakan elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Pemancangan dilakukan secara vertikal dengan menanam batang hantaran secara horizontal (mendatar) dan dangkal.

3. Elektroda Plat

Elektroda plat merupakan elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam cukup dalam. Elektroda ini digunakan apabila diinginkan



tahanan pentanahan yang kecil dan yang sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.

2.5 Tower Telekomunikasi

2.5.1 Pengertian Tower BTS

BTS adalah singkatan dari Base Transceiver Station atau dalam bahasa Indonesia Anda menyebutnya dengan stasiun pemancar. BTS kadang juga disebut sebagai Base Station (BS) dan Radio Base Station (RBS). BTS adalah salah satu bentuk infrastruktur telekomunikasi yang berperan penting dalam mewujudkan komunikasi nirkabel antara jaringan operator dengan perangkat komunikasi. Tugas utama BTS adalah mengirimkan dan menerima sinyal radio ke perangkat komunikasi seperti telepon rumah, HP dan sejenis gadget lainnya. Kemudian sinyal radio tersebut akan diubah menjadi sinyal digital yang selanjutnya dikirim ke shelter lainnya menjadi sebuah pesan atau data.

Secara umum sering salah kaprah dalam mengartikan BTS. Umumnya mereka menganggap tower BTS adalah tower BTS itu sendiri. Faktanya adalah tower BTS merupakan salah satu komponen dari elektronikdan mekanik perangkat BTS. Tower sendiri adalah suatu menara yang dibuat dari besi atau pipa. Dalam pembuatan tower BTS bentuknya bisa bervariasi, ada yang kaki segi empat, kaki segitiga, bahkan ada yang hanya berupa pipa panjang saja. Umumnya tower BTS memiliki panjang antara 40 hingga 75 meter. Tiap daerah memiliki panjang tower BTS yang berbeda-beda disesuaikan dengan kondisi geografis serta luas jangkauan jaringan yang ditargetkan.



2.5.2 Macam-Macam Tower BTS

Seperti yang sudah disinggung pada paragraf sebelumnya bahwa tower BTS memiliki berbagai varian yang berbeda. Terdapat tiga macam tower BTS yang sering dijumpai di Indonesia yaitu tower empat kaki, tower tiga kaki dan tower satu kaki. Nah berikut ini akan dijelaskan lebih detail mengenai ketiga macam tower tersebut :

1. Tower Empat Kaki

Sesuai dengan namanya, tower ini berbentuk segi empat dan memiliki empat kaki terbuat dari besi siku dilapisi galvanis. Karena konstruksinya yang kokoh tower ini diharapkan memiliki kekuatan yang optimal untuk menghindari kemungkinan roboh. Tingginya kurang lebih 42 meter serta mampu mencakup banyak antena dan radio. Tipe tower ini biasanya digunakan oleh perusahaan telekomunikasi terkemuka mengingat harganya yang cukup mahal yakni mencapai 750 juta-1 milyar rupiah.

2. Tower Tiga Kaki

Menara segitiga ini terdiri dari tiga pondasi tower. Tiap pondasi disusun dalam beberapa potongan besi yang berkisar 4-5 meter. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, misal roboh sebaiknya tower ini memakai besi atau besi pipa yang dilapisi galvanis yang berdiameter diatas 2 centimeter. Rata-rata tower jenis tingginya berkisar antara 40 meter dan maksimal 60 meter. Makin pendek tower tingkat keamanannya lebih tinggi. Kelebihan dari menara ini adalah komponennya lebih ringan sehingga menghemat biaya produksi, tempat dan pengangkutan.



3. Tower satu kaki

Sebenarnya tower jenis ini tidak direkomendasikan karena banyak kekurangannya. Dalam penerimaan sinyal tergolong tidak stabil, mudah goyang, dan mengganggu sistem koneksi data yang berakibat pencarian di komputer terjadi secara terus-terusan. Tower ini ada 2 macam, yang pertama dibuat dengan pipa/plat baja tanpa spanner dengan diameter 40 cm hingga 50 cm dan rata-rata tingginya 42 meter. Kedua, tower yang dibuat dengan spanner yang menurut ahli pembuatannya tidak melebihi 20 meter. Kelebihannya hemat lahan dan bisa diletakkan diatas gedung untuk ukuran pipa yang kecil

2.5.3 Komponen pada Tower BTS

Selain mengetahui macam-macam menara BTS, Anda juga perlu tahu mengenai komponen-komponen apa saja yang melekat pada tower BTS. tercatat terdapat sembilan komponen penting yang harus dimiliki oleh tower BTS. Berikut informasi lebih lengkapnya :

1. **Antena Microwave** : saat kita menjumpai tower BTS pasti ada satu bagian yang tampak seperti gendang rebana yang ditutupi terpal, itulah 6 yang dimaksud antena microwave. Fungsinya menerima dan memancarkan gelombang radio dari BTS ke BSC atau dari BTS ke BTS.
2. **Antena Sectoral** : antena ini letaknya ada di bagian paling atas dan berbentuk persegi panjang. Fungsinya adalah menghubungkan BTS dengan alat komunikasi misal HP. Antena ini ada 2 macam yaitu monotype yang dipakai di daerah pedesaan dan pinggiran. Yang kedua adalah Dual type yang lokasinya biasanya di daerah perkotaan.



3. **Shelter** : shelter ini berfungsi untuk menyimpan peralatan elektronik, biasanya ada di samping atau kadang bawah tower.
4. **Microwave System** : sistem ini dibagi dua yakni indoor unit dan outdoor unit. Keduanya terhubung melalui kabel coaxial. Indoor unit sesuai namanya berada di dalam shelter sedangkan outdoor unit menempel pada antena microwave.
5. **Rectifier System** : sistem ini bertugas untuk mengubah tegangan dari sumber listrik PLN 220/380 volt alternative current menjadi tegangan direct current untuk dikirim ke unit BTS.
6. **Tower sentral** : adalah tower itu sendiri serta sistem grounding yang mengaturnya. Fungsinya sebagai media untuk menginstal antena-antena dan feeder.
7. **Baterai** : Dalam BTS terdapat baterai yang gunanya sebagai cadangan daya listrik apabila terjadi pemadaman listrik. Ketahanan baterai mencapai 3-4 jam tergantung merk.
8. **Dynaspere** : alat penangkal petir untuk tower.
9. **Feeder** : merupakan kabel besar yang dijadikan penyalur gelombang radio antara BTS dengan antena sector