

Bab II

PETIR

2.1 UMUM

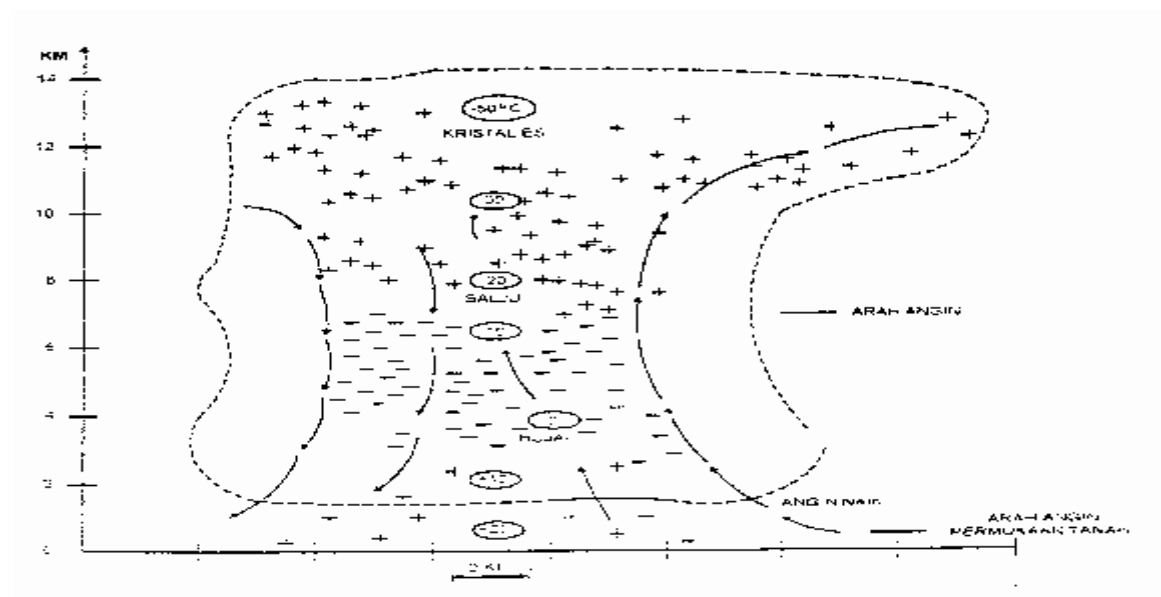
Tegangan lebih (overvoltage) dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu : tegangan lebih dari luar sistem (external over voltage) yang disebabkan oleh surja petir. Petir merupakan pelepasan muatan listrik di udara yang terjadi : antara awan dengan awan, antara pusat-pusat muatan didalam awan, dan antara awan dengan tanah. Sedangkan dari dalam sistem (internal over voltage) yang disebabkan oleh surja hubung (switching surge). Tegangan yang lebih tinggi pada sistem yang disebabkan oleh sambaran petir dan surja hubung dapat mengganggu pelayanan daya. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dari luar adalah petir. Petir sering mendatangkan kerusakan karena dapat menimbulkan tegangan lebih, Bila tegangan lebih yang di timbulkan oleh petir melebihi kekuatan isolasi peralatan sistem, maka akan terjadi penembusan pada isolasi peralatan. Berikut ini dijabarkan energi yang tersimpan dalam 1 sambaran petir.

- Tegangan = 100.000.000 V
- Arus = 100.000 A
- Waktu = 10^{-6} detik
- Daya petir = 100.000.000 V X 100.000A
 $= 10.000.000.000.000 \text{ Watt}$
- Energi = $10^{13} \text{ Watt} \times 10^{-6} \text{ detik}$
 $= 10^7 \text{ Joule}$

2.2 PROSES TERJADINYA PETIR

Pada keadaan tertentu, dalam lapisan atmosfer bumi akan ada pergerakan angin keatas membawa udara yang lembab. Karena tekanan udara makin rendah, uap air akan menjadi titik-titik air dan membentuk awan(cumulo-nimbus). Dalam awan tersebut, ada kalanya masih terjadi pergerakan arus udara ke atas (updraft) dengan kecepatan tinggi dan dapat mencapai kecepatan 120 km/jam. Gerak arus udara ini dapat membawa butir-butir air dan akan membeku sehingga mengakibatkan timbulnya gerak udara kebawah (down draft) pada bagian dalam tadi dengan kecepatan yang cukup tinggi. Menurut C.T.R WILSON, ada suatu medan normal yang dapat terjadi pada keadaan cuaca yang cerah. Medan ini mempunyai arah kebawah, yang dianggap merupakan arah medan listrik positif, yang intensitasnya kira-kira 1 volt/cm dipermukaan bumi dan 0.02 volt/cm pada ketinggian 30.000 feet. Butir-butir air yang cukup besar berada dalam medan tersebut akan terpolarisasi karena induksi.

Pada bagian atas dari butir terkumpul muatan negatif dan pada bagian bawah terkumpul muatan positif. Hal ini dapat terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini. Pada gambar 2.1 terlihat bahwa dalam keadaan normal, udara mengandung ion-ion positif dan negatif yang terdistribusi secara random, yang dapat terjadi karena antara lain, tumbukan atom-atom, radiasi sinar-sinar kosmis. Pada permukaan bagian bawah dari butir air, timbul gaya tarik terhadap ion-ion negatif yang mempunyai mobilitas tinggi, sedangkan ion-ion positif mengalami gaya tolak. Akibatnya butir air itu akan terkumpul muatan negatif.



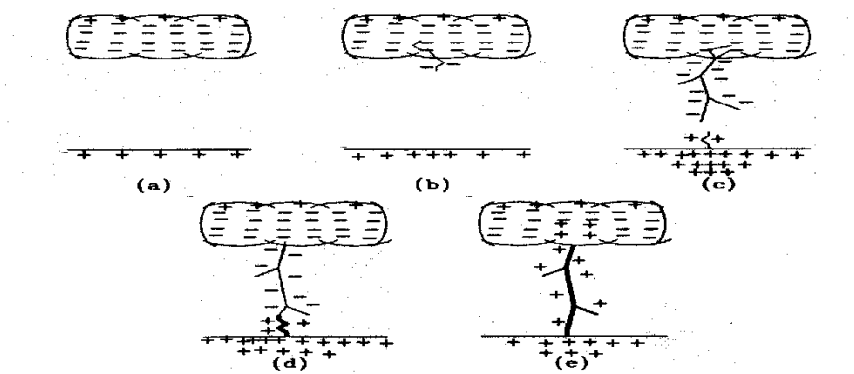
Gambar 2.1 Proses pembentukan muatan di awan

Sementara itu butir-butir air lain yang relatif kecil bergerak kebawah dengan kecepatan rendah, sehingga lebih besar kemungkinannya bahwa butir-butir air ini menabrak ion-ion atau pertikel-pertikel bermuatan positif yang mempunyai mobilitas rendah dan butir air ini menjadi muatan positif. Jadi ion-ion di udara yang tadinya terdistribusi secara random dan membentuk muatan ruang yang netral, sekarang menjadi terpisah.

Butir-butir air yang besar akan membawa muatan negatif kelapisan bawah sedangkan butir-butir air yang berukuran kecil akan mengandung muatan positif pada lapisan atas dari awan. Dengan adanya muatan negatif pada lapisan bawah dari awan, dipermukaan bumi terinduksi muatan positif sehingga terbentuk medan listrik antara awan dan permukaan bumi. Medan listrik ini akan membantu proses terbentuknya lidah-lidah muatan dari awan dan kanal-kanal muatan bila medan listrik tersebut melebihi kekuatan medan tembus udara, akan terjadi pelepasan muatan (discharge) dan terjadilah petir.

2.2.1 TAHAPAN SAMBARAN PETIR

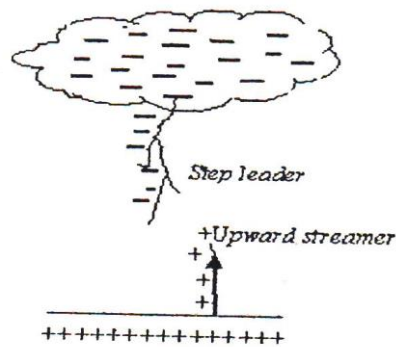
Pada saat gradien tegangan di awan melebihi harga tembus udara yang terionisasi, terjadilah aliran pengemudi (pilot streamer) yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah, hal ini diikuti oleh adanya titik cahaya. Kemudian gerakan aliran pengemudi (pilot streamer) yang diikuti dengan lompatan-lompatan titik-titik cahaya yang dinamakan lidah petir (stepped leader). Arah setiap lidah petir (stepped leader) berubah-ubah dimana ia mencari udara yang mempunyai kekuatan dielektrik yang paling rendah untuk dilalui sehingga secara keseluruhan jalannya tidak lurus dan patah-patah. Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (stepped leader) yang bergerak turun dari awan bermuatan. Proses ini dapat terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Proses terjadinya petir

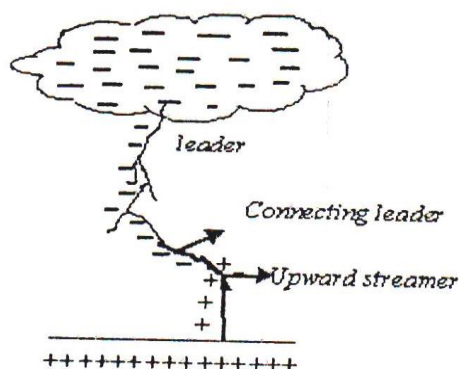
Panjang setiap lidah petir (stepped leader) ini sekitar 50 m (dalam rentang 3–200 m), dalam interval waktu antara setiap $\pm 50\mu\text{s}$ (30-125 μs). Dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini lidah petir (stepped leader) mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang. Ketika leader bergerak mendekati bumi, akan terdapat beda potensial yang makin

tinggi antara ujung lidah petir (stepped leader) dengan bumi sehingga terbentuklah pelepasan muatan mula yang berasal dari bumi atau obyek pada bumi yang bergerak ke atas menuju ujung lidah petir (step leader). Pada gambar 2.3 terlihat proses terjadinya pelepasan awal sambaran petir. Pelepasan muatan mula ini disebut upward streamer



Gambar 2.3 Step leader sambaran petir

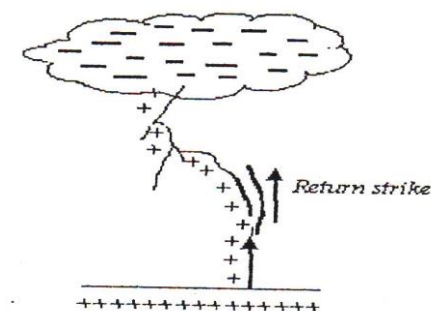
Pada gambar 2.4 terlihat upward streamer telah masuk dalam zona jarak sambaran atau striking distace, terbentuklah petir penghubung (connecting leader) yang menghubungkan ujung lidah petir (stepped leader) dengan obyek yang disambar.



Gambar 2.4 Proses connecting leader

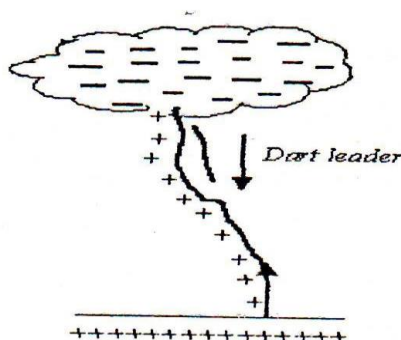
Setelah itu timbullah sambaran balik (return strike) yang bercahaya sangat terang bergerak dari bumi atau obyek menuju awan dan kemudian melepaskan

muatan di awan. Jalur yang ditempuh oleh sambaran kembali/return strike (yang terlihat pada gambar 2.5) adalah sama dengan jalur turunnya lidah petir (stepped leader), hanya arahnya saja yang berbeda.



Gambar 2.5 Return strike pada sambaran petir

Setelah itu terjadi juga sambaran susulan (subsequent strike) dari awan menuju bumi akibat belum pulihnya udara yang menjadi tempat jalannya sambaran yang pertama. Pada gambar 2.6 terlihat sambaran susulan tidak memiliki percabangan dan bisa disebut lidah panah (dart leader) pergerakan dart leader ini sekitar 10 kali lebih cepat dari leader yang pertama (first strike).



Gambar 2.6 Dart leader sambaran petir

2.2.3 MACAM-MACAM PETIR

Secara garis besar, jenis-jenis petir dapat dikategorikan dalam beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

Berdasarkan polaritas muatan :

- a. Muatan positif

b. Muatan negatif

Berdasarkan arah sambaran :

- a. Arah kebawah (bumi atau objek), disebut downward lightning
- b. Arah keatas (awan), disebut upward lightning

Berdasarkan jenis sambaran :

- a. Sambaran dalam awan (intra cloud lightning)
- b. Sambaran antar awan (inter cloud lightning)
- c. Sambaran awan ke bumi (cloud to ground lightning)

1. Berdasarkan polaritas muatan

Polaritas petir, baik itu positif maupun negatif ditentukan oleh muatannya. Petir dikatakan bermuatan positif jika pilot leader membentuk step leader bermula dari awan bermuatan negatif maka petirnya dikatakan bermuatan negatif. Polaritas petir tidak selalu berpengaruh menentukan arah perambatan petir polaritas petir sering berpengaruh pada daya rusak yang dihasilkannya, dalam hubungannya dengan besaran arus petir dan bentuk gelombangnya. sebab pada umumnya, besaran arus pada petir dengan polaritas positif lebih besar dibandingkan pada petir polaritas negatif. Selain itu, bentuk gelombang arus petir dengan polaritas negatif, berbeda-beda antara sambaran pertama dengan sambaran susulannya.

Selain perbedaan dalam hal ini karakteristik besaran arus dan bentuk gelombangnya, petir polaritas positif dan polaritas negatif juga berbeda dalam persentase kemungkinan kejadiannya. Hanya sekitar 10% dari sambaran petir

yang terjadi berpolaritas positif, selebihnya adalah petir negatif. Probabilitas kejadian petir positif akan meningkat dengan bertambah ketinggian suatu tempat atau objek di bumi.

2. Berdasarkan arah sambaran

Jika melihat kembali ke mekanisme terjadinya petir, maka akan terlihat bahwa untuk setiap satu kejadian kilat petir dengan beberapa sambaran mengalami arah peluahan kebawah (bumi) dan keatas (awan) sekaligus secara bergantian. Maka untuk menidentifikasi arah sambaran ini, sebagai acuan adalah arah mula terjadinya peluahan petir(asal pilot leader). Apabila pilot leadaer bermula dari atas (awan), maka disebut petir kebawah, dan jika sebaliknya maka disebut petir ke atas.

Perbedaan antara petir keatas dan kebawah, selain dari arah sambarannya adalah pada probabilitas kejadiannya dan tipikal sambarannya petir keatas (upward lightning) memiliki sambaran yang cabang-cabangnya cenderung sedikit kebalikan dari petir kebawah (downward lightning) yang percabangan sambarannya cenderung banyak. Selain itu upward lightning sangat jarang terjadi, sehingga kasus ini dianggap sebagai kasus khusus. Dari beberapa referensi yang ada belum ada satupun yang memberikan angka perkiraan mengenai probabilitas kejadian upward lightning di dunia. Hasil obserbasi menunjukan bahwa dari peristiwa-peristiwa upward lightning, sekitar 80 – 90% terjadi pada objek dengan ketinggian 400 - 500m dari permukaan bumi.

3. Berdasarkan jenis sambaran

Kondisi pada saat pemisahan muatan merupakan faktor penentu dari proses kejadian petir berdasarkan jenis sambaran ini. Ada tiga jenis sambaran petir, yaitu :

Sambaran petir ke tanah merupakan bentuk sambaran petir yang paling merusak dan berbahaya. Oleh karena itu, meskipun sambaran petir jenis ini bukan merupakan yang paling umum terjadi, namun paling penting untuk diteliti dan dikaji karakteristiknya dalam rangka melindungi diri dari sambaran petir ini.

Sambaran petir dalam awan adalah jenis yang paling sering terjadi. Petir jenis ini terjadi antara muatan yang berlawanan dalam satu awan yang sama. Prosesnya terjadi diawan dan terlihat dari luar awan seperti kejapan cahaya terang yang menyambar. Akan tetapi, kilatan cahayanya juga bisa keluar dari batas-batas awan itu sendiri, dan membentuk kanal cahaya serupa dengan sambaran ke tanah.

Pebandingan antara sambaran petir ke tanah dengan sambaran petir dalam awan dapat bervariasi secara signifikan antara satu badai dengan badai yang lainnya. Sedangkan sambaran petir antar awan adalah petir yang terjadi diantara pusat muatan yang berlawanan pada dua awan berbeda

2.3 KERAPATAN SAMBARAN PETIR

Jumlah sambaran petir ke bumi adalah sebanding dengan jumlah hari guruh pertahun atau Iso Kraunik Level (IKL) ditempat tersebut. Banyak para penyelidik yang telah memberikan perhatian kearah ini dan mengemukakan rumus-rumus yang

berlainan. Untuk penggunaan di Indonesia salah satunya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_g = 0,025 \text{ IKL}^{1,3}$$

Dimana : N = Jumlah sambaran petir per km² per tahun

IKL = Jumlah hari guruh pertahun