

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Petir merupakan suatu peristiwa peluahan muatan listrik di atmosfir. Pada suatu keadaan tertentu dalam lapisan atmosfir bumi terdapat gerakan angin ke atas (updraft) membawa udara lembab. Semakin tinggi dari permukaan bumi, semakin rendah tekanan suhunya. Uap air mengkondensasi menjadi titik air dan membentuk awan.

Angin keras dengan kecepatan 30000 – 40000 kaki yang bertiup ke atas membawa awan lebih tinggi. Pada ketinggian lebih dari 5 km, partikel uap air dan partikel aerosol yang ada di awan akan membeku menjadi kristal – kristal es dan kemudian turun lagi karena adanya gravitasi bumi. Karena air mengalami pergerakan acak vertikal dan horizontal, maka terjadilah pemisahan muatan listrik. Tetesan air yang berada di bagian atas awan biasanya bermuatan positif dan di bagian bawah bermuatan negatif. Akibat adanya awan yang bermuatan akan timbul muatan induksi pada permukaan bumi, hingga timbul medan listrik. Mengingat dimensinya, bumi dianggap rata 6 terhadap awan, maka permukaan bumi dan awan dapat dianggap sebagai dua keping plat kondensator. Dengan demikian terjadi akumulasi muatan di awan yang polaritasnya berbeda dengan permukaan bumi. Jika medan listrik yang terjadi melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan. Pada saat itulah terjadinya petir awan ke tanah.

Gangguan pada saluran transmisi kebanyakan disebabkan oleh gangguan petir. Sambaran petir yang menyambar kawat tanah ( ground wire ) dari tiang transmisi untuk disalurkan ke tanah melalui kawat pentanahan tiang. Namun apabila tahanan pentanahan tinggi muatan listrik dari sambaran ini sulit tersalurkan ke tanah mengakibatkan tegangan di ground wire menjadi tinggi termasuk cross arm tower dimana isolator menggantung sehingga tegangan menjadi tinggi terhadap kawat tanah.

Dalam pelaksanaan penerapan pentanahan pada sistem tenaga listrik maupun pentanahan perlengkapan, berdasarkan kondisi dari lingkungan yang bervariasi sehingga sering terjadi penyimpangan terhadap prilaku sistem tersebut, perlu dilakukan perbaikan pentanahan yang dilakukan pada sistem tenaga yang memenuhi syarat dan mencapai tujuan yang baik. Sistem pentanahan pada kaki menara 150 KV perlu diperbaiki karena hal-hal sebagai berikut :

- 1) Seringnya terjadi gangguan akibat sambaran petir pada lintasan menara.
- 2) Bervariasinya kondisi tanah pada sekitar kaki menara saluran transmisi. Perubahan iklim setiap tahunnya sehingga mempengaruhi resistansi tanah. Penelitian yang pernah dilakukan oleh para pakarm kelistrikan dalam bidang pentanahan baik pada sistem grouding pada instalasi maupun jaringan transmisi dan distribusi antara lain cara penambahan pememberian air maupun dengan cara mengubah komposisi tanah dengan zat-zat tertentu sebagaimana dituangkan antara lain :
  - Dengan menambahkan air, untuk membasahi tanah atau dengan mengubah komposisi kimia dengan memberikan garam disekitar elektroda supaya mendapatkan tahanan jenis tanah yang rendah. Cara ini hanya mampu bertahan sementara saja. Untuk mendapatkan tahanan jenis tanah yang rata-rata untuk keperluan pentanahan pada kaki menara maka diperlukan pengukuran dalam jangka waktu tertentu, misalnya selama setahun. Biasanya tahanan tanah juga tergantung dari tingginya permukaan tanah dari permukaan air yang konstan. (Hutauruk, T.S, 1991)
  - Dengan cara mengasumsikan bahwa lapisan tanah tediri atas lapisan-lapisan yang mempunyai nilai tahanan jenis berbeda, maka dalam memilih dan memasang sistem pentanahan perlu diketahui kondisi kondisi pada lapisan tanah yang dalam. Mengingat keterbatasan dari alat-alat pengukuran tahanan tanah untuk menyelidiki kondisi spesifik tanah tersebut, maka dikembangkan suatu metode atau

pola pemikiran yang menggambarkan nilai tahanan jenis tanah pada kedalaman tertentu (Pabla, A.S, 1994)

- Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir, digunakan 1 atau 2 kawat tanah yang terletak diatas kawat fasa dengan sudut perlindungan kurang dari  $18^\circ$ . Dengan demikian terjadinya loncatan balik (back flash over) karena sambaran petir secara langsung pada puncak menara atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk menguranginya tahanan kaki menara harus dibuat tidak melebihi  $10 \Omega$ . Tahanan kaki menara  $10 \text{ Ohm}$  dapat diperoleh dengan menggunakan 1 atau lebih batang pengetahanan (grounding rod) atau menggunakan sistem Counterpoise tergantung dari tahanan jenis tanah dimana menara transmisi itu berada. (Hutauruk, T.S, 1991)
- Apabila struktur dari tanah dianggap homogen maka tahanan elektroda untuk 1 batang rod akan semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin jauh dari permukaan tanah. Untuk 2 batang elektroda, bila jarak antara keduanya menjadi lebih besar dari panjang elektroda, maka nilai tahanan pentanahan akan menjadi semakin kecil. Bilamana jumlah elektroda semakin banyak maka tahanannya semakin kecil, baik pada tanah yang homogen maupun tak homogen (Tadjuddin, 1998).
- Pentanahan tiang menara terdiri dari kawat tembaga atau kawat baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam didekat pondasi tiang menara , atau dengan menanam plat alumunium atau tembaga disekitar pondasi tiang yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari kawat tanah akibat sambaran petir (Hutauruk,T.S,)

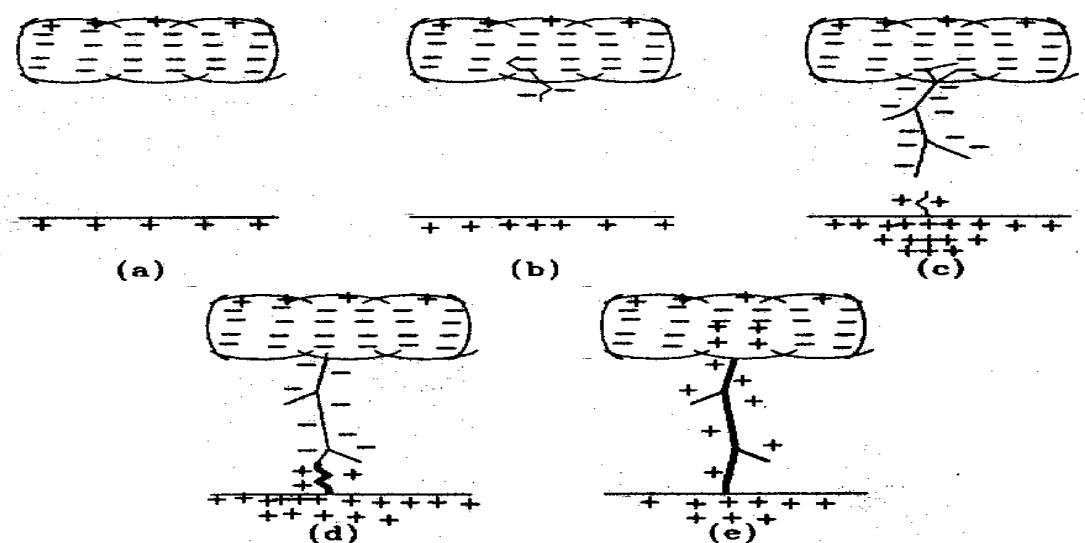
## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Mekanisme Sambaran Petir

Petir adalah mekanisme pelepasan muatan listrik di udara yang dapat terjadi di dalam awan, antara awan, awan dengan udara, dan antara awan dengan tanah. Antara awan dan permukaan bumi dapat dianalogikan seperti kapasitor raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan dan

lempeng kedua adalah bumi. Medan listrik yang ditimbulkan oleh awan bermuatan gambar 2.1 (a), akan menyebabkan ionisasi udara disekitarnya. Proses ionisasi udara berkembang terus dan membentuk kanal yang sangat konduktif dengan didahului oleh alur pandu yang diikuti cahay dan disebut pelopor pelepasan. Alur pandu bergerak turun mendekati bumi sebagai pelopor kebawah seperti ditunjukkan gambar 2.1 (b). muatan akan mengalir melalui kanal dan akan mempercepat proses proses ionisasi pada ujung kanal atau alur pandu, sehingga kanal bertambah panjang. Proses pertambahan panjang kanal terjadi secara lompat-lompat sekitar 3 sampai dengan 50 m, dengan interval waktu sekitar 10 sampai dengan 100 µdet dan kecepatan sekitar 1 sampai 80 m/µdet [Golde, 1977]. Arah lompatan setiap langkah berubah-ubah, tergantung proses ionisasi ujung kanal, sehingga secara keseluruhan akan terbentuk kanal yang berliku-liku.

Pada saat alur pandu mencapai titik yang dekat dengan permukaan bumi, maka medan listrik pada celah antara alur pandu dan permukaan bumi mencapai harga yang dapat terbentuknya kanal bermuatan dari bumi menuju awan, gambar 2.1 (c). kedua kanal tersebut akan saling bertemu (gambar 2.1 (d)), yang selanjutnya terjadi sambaran balik pertama, seperti di tunjukkan pada gambar 2.1 (e).



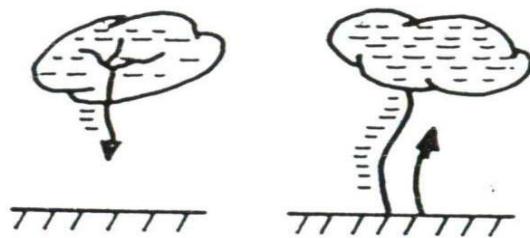
Gambar 2.1 Proses sambaran petir

## 2.2.2 Jenis sambaran petir

Ada 4 jenis sambaran petir yang mungkin terjadi, yaitu :

### 2.2.2.1 Petir negatif ke bawah (*negatif downward lightning flash*)

Petir negatif ke bawah ialah jenis petir yang umum terjadi.

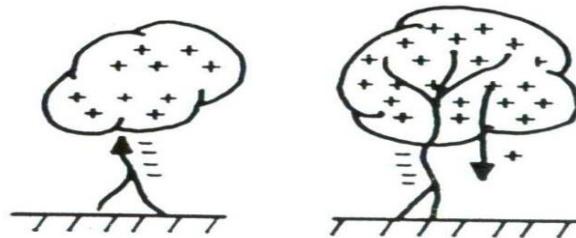


Gambar 2.2 :

Petir negatif ke bawah (*negative downward lightning / flash* )

### 2.2.2.2 Petir negatif ke atas (*negatif upward lightning / flash*)

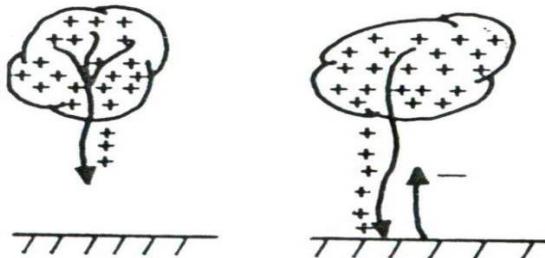
Petir negatif ke atas pertama kali di teliti di "Empire State Building", jenis ini mendominasi sambaran-sambaran petir ke bangunan tinggi.



Gambar 2.3 :

Petir negatif ke atas (*negative upward lightning/flash*)

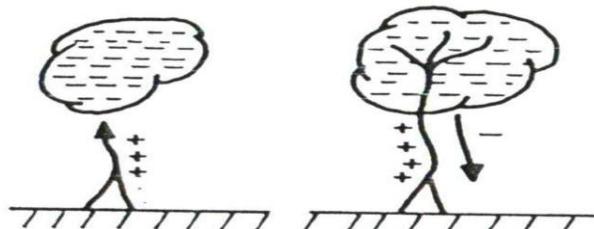
2.2.2.3 Petir positif ke bawah (*positive downward lightning/flash*), belum ada catatan mengenai petir jenis ini.



Gambar 2.4 :  
Petir positif ke bawah (*positive downward lightning/flash*)

2.2.2.4 Petir positif ke atas (*positive upward lightning / flash*)

Petir positif ke atas dikenal juga sebagai "Super Flash",



Gambar 2.5 :  
Petir positive ke atas (*positive upward flash*)

### 2.2.3 Gangguan Sambaran Langsung Petir

Gangguan akibat sambaran langsung petir adalah adanya sambaran petir yang langsung mengenai suatu objek tertentu. Sambaran petir langsung dapat menimbulkan bermacam-macam gangguan yang tidak hanya membahayakan peralatan listrik namun juga bisa mengancam keselamatan jiwa manusia. Besarnya tegangan yang diakibatkan sambaran petir ini dapat mencapai 3000 kV. Gangguan pada jaringan listrik dapat dikelompokkan menjadi dua

bagian yaitu sambaran petir mengenai kawat tanah dan sambaran petir mengenai kawat fasa.

Sambaran petir yang langsung mengenai kawat tanah dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- Terputusnya kawat tanah. Arus yang besar menyebabkan panas yang tinggi pada kawat tanah yang dapat melampaui kekuatan kawat untuk menahannya.
- Naiknya potensial kawat tanah yang diikuti oleh backflashover ke kawat fasa. Pada saat terjadi sambaran pada kawat tanah, dengan cepat potensialnya naik mencapai nilai yang cukup tinggi sehingga dapat mengakibatkan lompatan muatan listrik ke kawat fasa di dekatnya.

#### **2.2.4 Sistem Pentanahan**

Sistem pentanahan merupakan sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan bumi. Pentanahan suatu peralatan listrik diharapkan dapat membatasi tegangan antara bagian-bagian dari suatu peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua keadaan, baik pada keadaan normal atau pada saat terjadi gangguan.

#### **2.2.5 Pembumian Menara Transmisi**

Pada saat petir menyambar menara atau kawat tanah, maka arus sambaran petir akan mengalir ke tanah melalui menara. Karena adanya perbedaan impedansi pada dasar menara, maka gelombang ini akan dipantulkan kembali ke puncak menara secara berulang. Besarnya tahanan kaki menara akan menentukan besarnya gelombang dari dasar menara. Bila tahanan kaki menara semakin kecil maka gelombang yang dipantulkan akan semakin besar dan dengan polaritas

negatif, sedangkan tegangan yang ditahan isolator akan semakin berkurang. Jika tahanan kaki menara masih terlalu tinggi, maka perlu adanya tambahan pentahanan untuk menurunkan tahanan kaki menara ini, agar tidak terjadi backflashover apabila ada gangguan sambaran petir.

*Backflashover* adalah peristiwa *flashover* pada isolator akibat adanya pantulan arus sambaran petir yang berasal dari puncak menara ke tahanan kaki menara yang dapat menimbulkan tegangan pada menara tersebut.

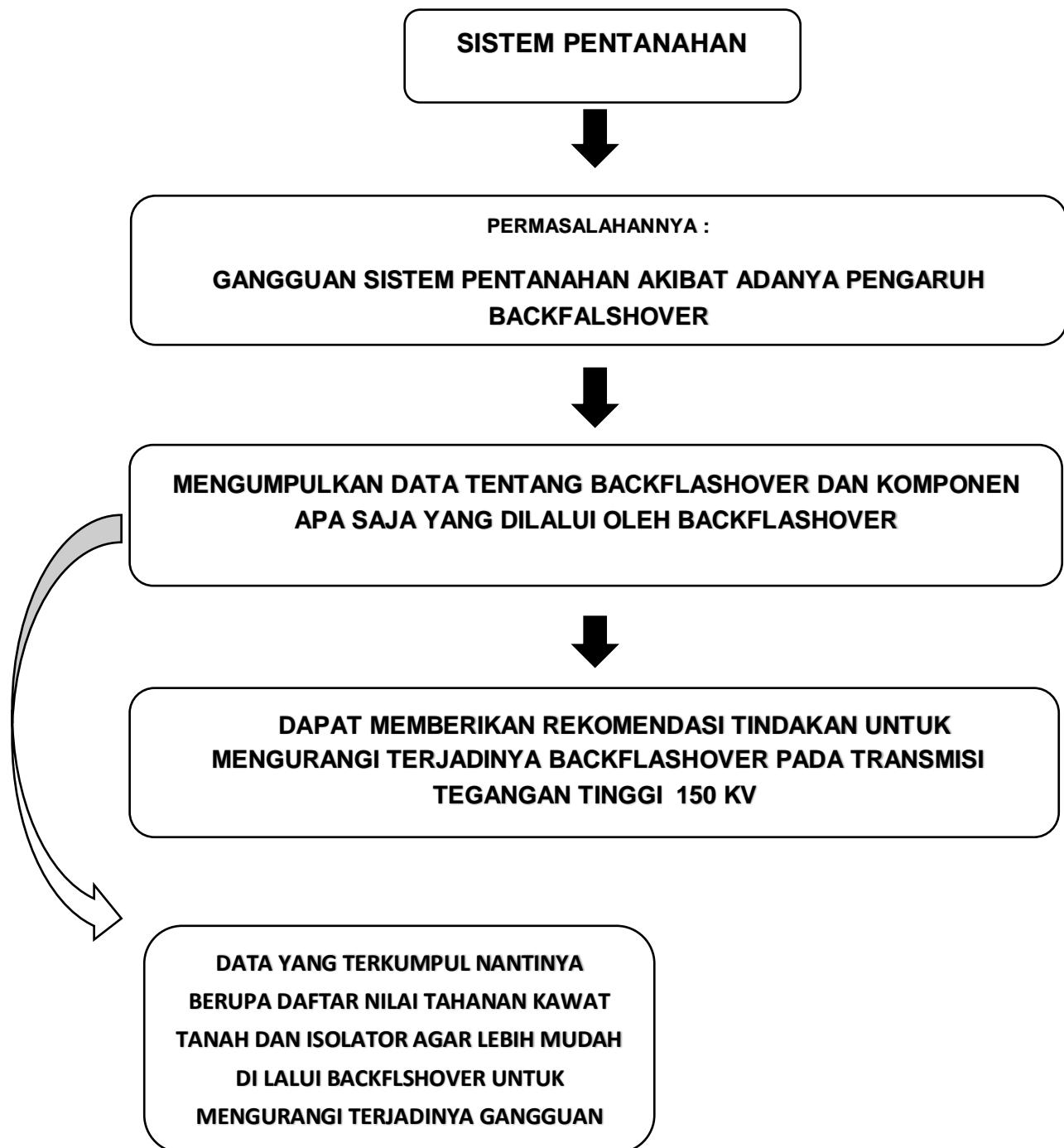
### **2.2.6 Kawat Tanah**

Kawat tanah adalah perangkat (kawat) pengamanan yang berfungsi sebagai media untuk mengalirkan arus gangguan/lebih yang terjadi di saluran transmisi. Kawat tanah umumnya dipergunakan kawat baja yang ditempatkan diatas kawat konduktor yang berfungsi sebagai pelindung kawat konduktor terhadap samabarn petir langsung. Sebagai kawat tanah pada umumnya dipakai kawat baja yang lebih murah, tetapi tidaklah jarang digunakan adalah jenis ACSR.

Kawat tanah yang digunakan untuk melindungi saluran tenaga listrik., diletakkan pada ujung teratas saluran dan terbentang sejajar dengan kawat fasa.

### 2.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan dukungan Landasan teori yang diperoleh dari eksplorasi teori yang dijadikan rujukan konsepsional variabel penelitian, maka dapat disusun Kerangka Penelitian sebagai berikut :



Gambar 2.6 Kerangka Pemikiran