

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. Tegangan Lebih

Dalam merencanakan suatu sistem pengamanan (*Proteksi*) yang ada hubungannya dengan tenaga atau arus listrik, maka perlu diperhatikan keadaan peralatan itu pada waktu *transient* atau peralihan *steady* kepada suatu keadaan *steady state* yang lain

Pada keadaan *transient*, tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan kerja pada peralatan itu. Hal ini tentu saja dapat merusak peralatan tersebut, oleh karena peralatan itu mempunyai kekuatan isolasi yang terbatas. Jadi jelaslah bahwa peralatan itu harus dilindungi terhadap akibat yang merusak dari tegangan lebih ini, harus sudah diperhitungkan pada waktu perencanaan tenaga listrik tersebut.

II.1.1 Penyebab Terjadinya Tegangan Lebih.

Tegangan lebih yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh berbagai hal antara lain :

- *External over voltage* (tegangan lebih luar). Tegangan lebih yang disebabkan peristiwa yang terjadi di atmosfer bumi, dalam hal ini tegangan lebih yang terjadi tidak mempunyai hubungan langsung dengan tegangan kerja. *External overvoltage* ini dapat terjadi disebabkan oleh :

1. Sambaran kilat langsung (*direct lightning stroke*)

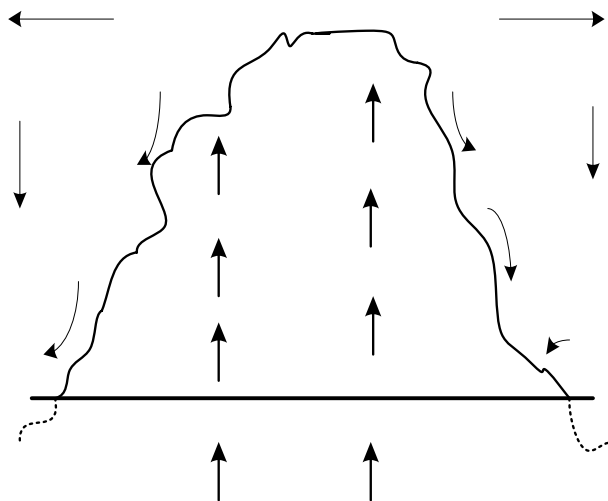
2. Induksi tegangan petir disebabkan oleh pelepasan muatan yang terjadi antara awan dengan tanah dekat dengan bangunan listrik
3. Induksi tegangan yang disebabkan perubahan kondisi atmosfer sepanjang kawat transmisi.
4. Induksi tegangan statis yang disebabkan oleh awan yang bermuatan.
5. Induksi tegangan statis yang disebabkan oleh gesekan-gesekan partikel-partikel kecil di awan.

II.2. Proses Terjadinya Petir

Proses yang tepat tentang sebab terjadinya kilat di angkasa raya sampai saat ini belum mendapatkan jawaban yang dapat diterima oleh para ahli. Tetapi menurut sebagian ahli bahwa pada waktu hujan lebat disertai petir kejadiannya sering kali disebabkan oleh berbagai awan tebal dan biasanya disertai oleh angin ribut. Disini awan-awan tebal itu sebagai akibat dari tidak stabilnya atmosfer dari pemuaian udara oleh panas matahari.

Pada siang hari dimana udara cerah, sinar matahari mampu memanaskan lapisan udara setebal 1 meter dengan temperatur/suhu $1^{\circ}C$ pada permukaan bumi. Bumi sebagai benda padat akan lebih cepat menjadi panas dari pada lapisan udara dipermukaan bumi, maka kerapatan udara pada bagian bawah menjadi berkurang dan atmosfer menjadi tidak stabil untuk gerakan-gerakan partikel. Berkurangnya kerapatan udara dibagian bawah atmosfer itu menyebabkan terjadinya aliran udara menuju keatas.

Udara dipermukaan bumi yang lembab menguap dan naik menempati lapisan udara yang lebih tinggi. Jika penguapan itu terjadi terus menerus maka, pada ketinggian tertentu uap air dan partikel-partikel diawan yang dibawanya mengalami kondensasi menjadi titik air yang sangat kecil. Titik-titik air ini yang mempunyai garis tengah $610 \mu m$ menghambur di volume udara itu dengan kerapatan seratus atau lebih titik-titik air/cm³. Peristiwa tersebut berlangsung terus menerus sehingga titik-titik air yang banyak akan terhimpun dalam suatu volume sehingga terbentuk suatu awan yang terdiri dari titik-titik air



Gambar.2.1. Proses Terjadinya Awan

Gerakan udara didalam dan disekitar awan tersebut terbentuk akibat adanya udara panas dibawah *level* yang mengalir keatas dengan udara kering (udara stabil) pada sekeliling awan akan bercampur dengan awan yang jenuh dan titik-titik air yang menyebabkan terjadinya penguapan dari titik-titik air yang menuju ke udara kering dan sekaligus pendinginan,

Udara Stabil

tersebut terdapat pengaruh gravitasi bumi maka akan menimbulkan gerakan/aliran udara menuju kebawah.

Sebagai akibat dari peristiwa diatas maka awan-awan tersebut selalu terdapat aliran - aliran udara keatas yang umumnya lebih besar dari pada aliran yang ke bawah, dimana aliran udara yang keatas mempunyai diameter sekitar 300 μm sampai 2000 μm tergantung dari ketebalan dan kerapataan lapisan sub awan stabilitas atmosfer, kecepatan angin dan faktor-faktor lainnya. Jika aliran udara keatas berlangsung secara kontiniu, maka ketika temperatur udara itu didalam awan turun dibawah $0^{\circ}C$ sebahagian dari titik-titik air yang berkondensasi itu menjadi kristal-kristal es akan membebaskan panasnya yang mana dapat menambah daya mengapung dari awan pada awan tersebut. Hal ini tidak terjadi pada terjadinya permulaan awan, karena air murni dalam jumlah yang sangat kecil, berkemungkinan kecil membeku secara cepat sampai temperatur dibawah $40^{\circ} C$.

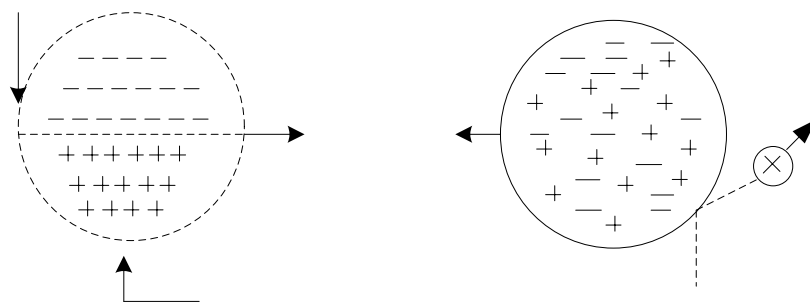
Pada puncak awan dimana suhu atmosfer sangat dingin, uap kristal salju pada puncaknya sedangkan pada dasar awan terdiri dari titik-titik air. Dari hasil pengamatan meteorologi dan geofisika awan-awan ini (awan *Cu Mulus*) di Indonesia mempunyai ketinggian 600 sampai 1500 meter pada basisnya dan ketinggian puncaknya bisa mencapai 15 km².

II.2.1. Pembentukan Muatan

Beberapa teori tentang bagaimana terjadinya penimbunan atau pemisahan muatan akan dikemukakan di bawah ini. Salah satu yang paling dapat

diterima ialah yang dikemukakan oleh *C.T.R Wilson* dan *G.C Simson* ataupun modifikasi keduanya sejumlah muatan listrik positif sebanding jumlahnya akan terbesar di udara bebas dan sebagian besar menempati atmosfer di bagian bawah. Disini medan listrik mempunyai intensitas 0.13 kV pada permukaan bumi dan semakin tinggi pada permukaan bumi maka semakin berkurang intensitasnya.

Titik-titik air yang terbesar di awan, karena adanya aliran udara keatas maupun kebawah akan bergerak melewati medan listrik yang arahnya kebawah atmosfer, sehingga terpolarisasi dengan bagian bawah positif dan bagian atas negatif



Gambar.2.2. Titik Air Yang Terpolarisasi

Seperti terlihat pada gambar diatas sebuah titik air yang terpolarisasi dengan bagian bawah positif dan bagian atas negatif pada saat sebelum dan sesudah mengalami benturan dengan partikel bermuatan di awan.

Titik-titik air yang terpolarisasi ini akan mengalami benturan-benturan dengan muatan-muatan listrik terbesar di awan dan secara selektif menangkap muatan negatif dan melepaskan muatan positif di udara. Bersama dengan itu

aliran-aliran udara yang naik keatas akan mengangkut muatan-muatan positif beserta partikel-partikel awan lainnya menuju puncak awan, pada saat yang sama pula titik-titik air yang lebih besar akan membawa muatan negatif tadi bergerak turun kebawah awan dan akibatnya pada puncak awan terhimpun muatan-muatan positif dan dibagian awan terhimpun muatan-muatan negatif.

Bila jumlah muatan-muatan tersebut bertambah, maka beda potensial antara awan dan tanah juga naik, demikian *gradien* tegangan ini tidak sama, biasanya pada pusat muatan di dalam awan mempunyai tegangan yang lebih besar. Jika *gradien* tersebut telah melebihi kekuatan tembus udaranya itu tidak pernah terjadi melampaui 1000 volt/cm, maka udara disini akan tembus (*breakdown*) dan suatu aliran listrik (petir) terjadi dari awan menuju ketanah.

II.2.2. Pelepasan Muatan

Kilat atau halilintar ialah suatu gejala listrik di atmosfer. Gejala ini timbul kalau terjadi banyak kondensasi dari uap air dan arus naik yang kuat. Karena kondensasi akan timbul titik-titik air. Titik-titik air ini terbawa oleh arus udara naik. Titik-titik yang lebih kecil akan naik lebih cepat daripada yang lebih besar. Jadi akan terjadi gesekan antara titik-titik air itu. Gesekan ini menimbulkan awan yang bermuatan listrik. Kalau muatan bertambah, lama kelamaan kuat medan antara awan itu dan bumi akan menjadi sedemikian besar sehingga pelepasan muatan terhadap bumi.

Pertama-tama akan terjadi suatu pelepasan awal ringan. Pelepasan awal ini membentuk saluran antara awan dan bumi. Dalam saluran ini kemudian terjadi

pelepasan utamanya, yang diiringi dengan cahaya, yaitu sinar kilat. Sinar kilat ini terdiri dari sejumlah pelepasan bagian yang susul menyusul dengan cepat serta mengikuti saluran yang sama.

Pelepasan-pelepasan ini berlangsung dengan cepat dengan kecepatan $3 \cdot 10^4$ km/s. Arus-arus yang timbul dapat mencapai 30 – 60 kA, kadang-kadang bahkan lebih. Akan tetapi arus ini berlangsung sedemikian singkat hingga kalau mengalir melalui penghantar $2,5 \text{ mm}^2$ misalnya penghantar ini tidak akan menjadi lebur. Energi yang sangat besar menjadi bebas karena pelepasan-pelepasan itu, diubah menjadi panas dan diserap oleh tanah.

II.2.3. Mekanisme Sambaran Petir

Petir merupakan pelepasan muatan listrik di udara yang terjadi:

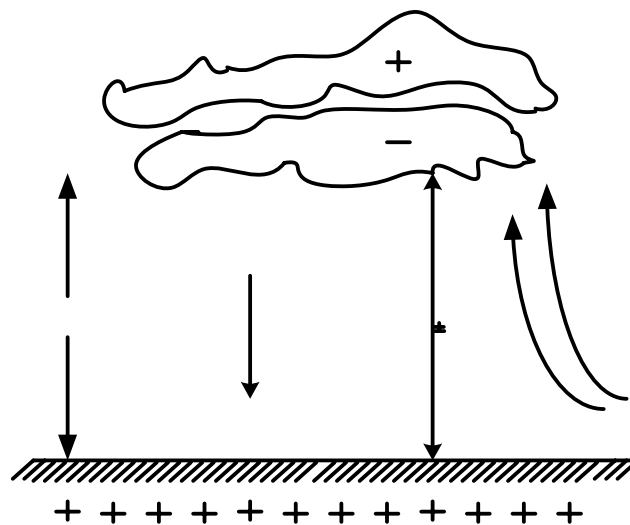
1. Diantara awan
2. Diantara pusat-pusat muatan didalam awan tersebut
3. Antara awan dan tanah.

Lebih banyak pelepasan muatan (*discharge*) terjadi antara awan-awan dan didalam awan itu sendiri dari pada pelepasan muatan yang terjadi antara awan ke tanah, tapi pelepasan muatan antara awan ketanah ini sudah cukup besar untuk dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada benda-benda dipermukaan tanah.

Petir merupakan suatu proses alam yang terjadi di atmosfer pada waktu hujan (*thunder strom*). Muatan akan terkonsentrasi di dalam awan atau bagian dari awan dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya. Jika muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan

naik, jika kuat medan ini melebihi kuat medan diantara awan-tanah tersebut maka akan terjadi pelepasan muatan

Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran (*stremmer*) adalah $E_B = 10 - 40 \text{ kV/m}$, pada awan yang mempunyai ketinggian 1 - 2 km diatas tanah dapat menghasilkan tegangan sampai 100 MV.



Gambar.2.3. Muatan Petir

Sambaran pengemudi (*pilot leader*) yang membawa muatan akan mengawali aliran ketanah sehingga saluran yang dibuat oleh sambaran pengemudi (*pilot leader*) ini menjadi bermuatan dan kuat medan (*potensial gradient*) dari ujung *leader* ini sangat tinggi. Selama pusat muatan diawan mampu memberikan muatannya pada ujung *leader* melalui kanal yang telah dibuatnya untuk mempertahankan kuat medan pada ujung *leader* lebih besar dari kuat medan udara, maka *leader* petir akan tetap mampu melanjutkan perjalanannya (lihat gambar 2.3). Jika kuat medan pada ujung *leader* lebih kecil dari kuat medan udara, maka *leader* petir akan berhenti dan muatan dilepaskan tanpa pelepasan

muatan yang lengkap (tidak ada pukulan ke tanah). Adapun mekanismenya terjadinya sambaran petir ke bumi terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. *Intial Leader* (Lidah Mula)

Sambaran dari suatu petir didahului oleh aliran pengemudi (*pilot streamer*) yang diawali dengan penempatan muatan dari awan ke awan yang ionisasinya rendah. Sesudah *pilot streamer* ini terjadi, akan diikuti oleh titik cahaya yang bergerak secara melompat-lompat yang disebut *stepped leader*, yang mempunyai bagian-bagian menyambung sampai bumi. Kecepatan dari *stepped leader* diperkirakan 10^5 m/dtk. Arah tiap-tiap langkah dari *stepped leader* berubah-ubah sehingga akan menyebabkan jalannya tidak lurus dan terpatah-patah. Ketika lidah menuju bumi, cabang-cabang dari lidah utama akan terbentuk.

Bila *stepped leader* telah dekat bumi, akan terjadi kanal muatan positif dari bumi ke awan, karena adanya beda potensial yang tinggi, kanal muatan positif ini akan bertemu dengan ujung *stepped leader* dan titik pertemuan ini disebut dengan *point of strike* yang berada 20 sampai 70 meter di atas permukaan bumi.

b. *Return Stroke* (Sambaran Kembali)

Ketika lidah kilat mengenai bumi, suatu sambaran kembali yang sangat terang bergerak keatas melalui jalan yang sama, *return stroke* terjadi karena aliran muatan positif dari awan ke bumi. Sesudah *return stroke* yang pertama, biasanya terjadi sambaran-sambaran berikutnya karena pada bagian lain dari awan

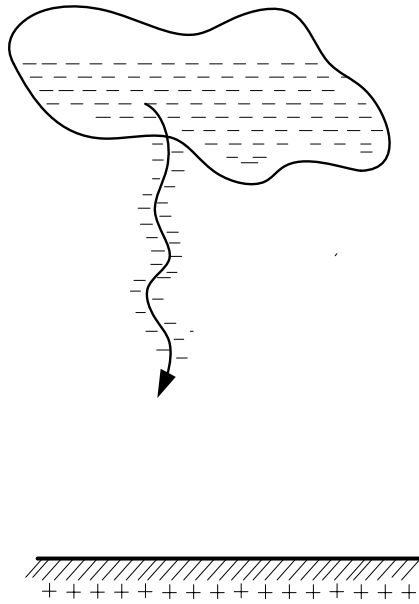
mempunyai cukup banyak muatan. Arus kilat pada setiap sambaran biasanya dihubungkan dengan pelepasan petir, dengan penyimpangan 1 kA sampai 20 kA ampere. Arus kilat ini merupakan arus impuls dimana harga puncaknya dicapai dalam beberapa mikro detik.

Tempat-tempat di permukaan bumi yang terkena sambaran petir tergantung dari *gradient potensial* di bumi dan perjalanan dari *stepped leader*, di samping faktor ketinggian dari tempat tersebut.

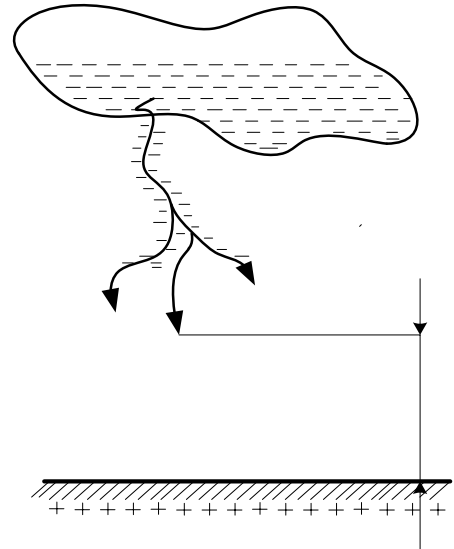
c. **Multiple Stroke (Sambaran Berulang)**

Sesudah *return stroke* yang pertama, biasanya masih terdapat pusat muatan yang lain diawan untuk memulai sambaran petir berikutnya. Sambaran tersebut dimulai dengan *leader* yang mengikuti jalan yang dilalui oleh *return stroke* sebelumnya. Ciri-cirinya tidak terdapat percabangan dan disebut dengan lidah panah (*dart leader*). Dari *leader* ini awan tersebut langsung menuju ke titik sambaran semula.

Pada saat *leader* mendekati tanah, maka medan statis pada permukaan tanah akan naik cukup tinggi untuk menghasilkan aliran keatas yang pendek menyongsong *pilot leader*, titik tempat bertemunya dua aliran yang berbeda muatan ini disebut '*striking point*' (titik pukul). Kecepatan naik bisa mencapai kecepatan yang jauh lebih tinggi dari kecepatan *pilot leader* (30 m/ μ s).



Pelepasan Awal
(Initial Leader)

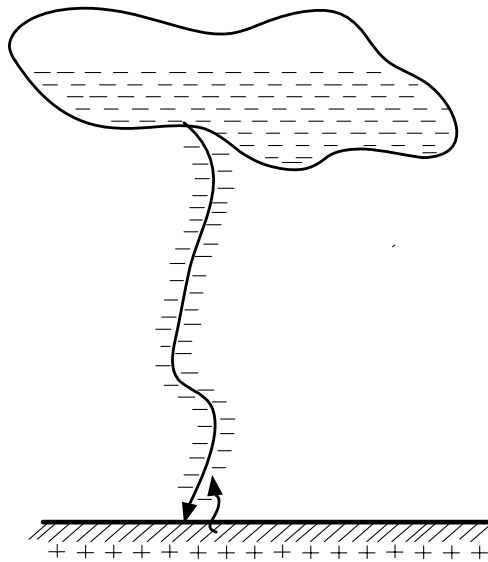


Menurut Golde

$$d = 6.7.i^{0.8}$$

$d =$ striking distance;
jarak pukul petir

$$V = C / 100$$



Pelepasan Utama

Gambar.2.4. Pelepasan Muatan

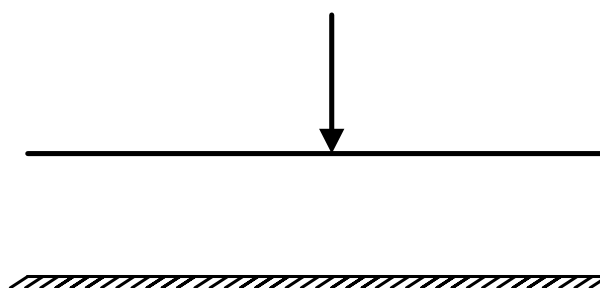
Jika muatan pada awan telah dilepas ke bumi maka tegangan pada awan tersebut akan turun, akibatnya mungkin terjadi beda tegangan yang tinggi antara awan ini dengan pusat muatan lainnya pada awan tersebut. Akibatnya akan terulang kembali pelepasan muatan melalui kanal yang terbentuk oleh pelepasan muatan pertama. Peristiwa ini disebut pelepasan muatan berurutan (*multiple lightning*) yang sering terjadi di alam.

II.2.4. Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir

Bila petir menyambar suatu rangkaian, arus akan mengalir pada rangkaian tersebut. Besarnya tegangan yang timbul akan tergantung pada besarnya arus petir dan impedansi dari rangkaian dimana arus tersebut mengalir.

Bahaya tegangan lebih yang dapat terjadi pada *power* sistem (hantaran udara, menara gardu induk) tetapi dalam hal penulisan ini adalah pada badan pesawat terbang dapat berupa:

- a. Sambaran Langsung (*direct strike*) pada badan pesawat terbang (simulasi pada kawat penghantar)**



Gambar.2.5. Sambaran Langsung Pada Penghantar

$$V_L = Z_L \frac{I_s}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_L = Tegangan yang pada penghantar, (kV)

Z_L = Impedansi pada penghantar, (ζ)

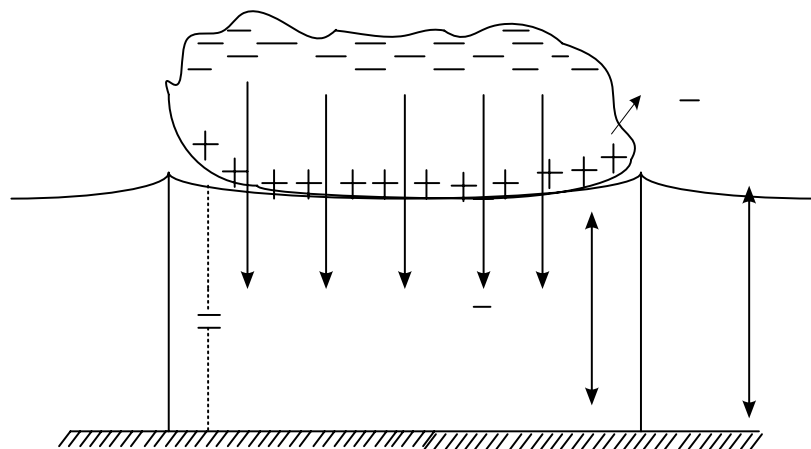
I_s = Arus sambaran, (kA)

Muatan yang dilepas oleh petir pada konduktor akan mengalir kedua arah dalam bentuk gelombang berjalan.

b. Sambaran Tidak Langsung Atau Sambaran Induksi

Dapat terjadi karena :

- Induksi elektromagnetik (arus) akibat terjadinya pelepasan muatan didekat sistem.
- Induksi elektrostatik sebagai akibat adanya awan bermuatan diatas hantaran udara.



Gambar.2.6. Sambaran Tidak Langsung

Muatan yang diinduksikan ke konduktor :

$$Q = c \cdot V \text{ dimana: } V = E \cdot h \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

Q = Muatan (coulomb)

c = Kapasitansi (μF)

V = Tegangan (Volt)

II.3. Gelombang Berjalan (Traveling Wave)

Jika suatu hantaran tenaga listrik (hantaran udara, kabel) yang digambarkan dengan dua kawat tiba-tiba dihubungkan dengan suatu sumber tegangan, maka seluruh hantaran tersebut tidak akan langsung bertegangan. Masih diperlukan beberapa waktu untuk dapat merasakan tegangan ini pada suatu titik dalam sistem yang mempunyai jarak tertentu dari sumber tegangan tersebut. Hal ini disebabkan adanya induktansi dan kapasitansi pada sistem tanpa rugi-rugi (*lose less line*). Proses ini sama dengan peluncuran sebuah gelombang tegangan yang merambat sepanjang hantaran dengan kecepatan tertentu. Gelombang tegangan ini merambat bersamaan dengan gelombang arus. Kedua gelombang ini akan mencapai ujung yang lain dari hantaran dalam waktu tertentu.

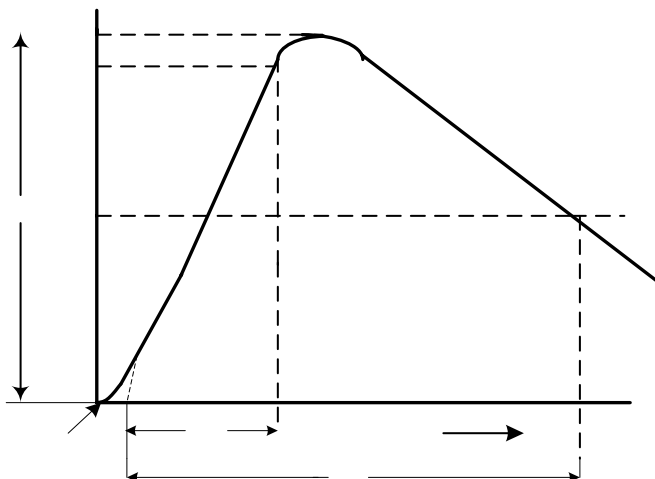
Dalam perambatannya kedua gelombang ini umumnya akan menemukan diskontinuitas dalam hantaran sehingga terjadi pemantulan gelombang. Umumnya pada setiap saat, tegangan dan arus pada setiap titik merupakan superposisi dari gelombang datang dan gelombang pantul.

Gelombang berjalan ini timbul dalam sistem transmisi sebagai akibat adanya tegangan lebih pada sistem yang disebabkan oleh proses sambaran petir atau proses *switching* (pembukaan dan penutupan saklar daya). Sampai saat ini sebab-sebab dari gelombang berjalan yang diketahui ialah:

- a. Sambaran kilat secara langsung pada kawat.
- b. Sambaran kilat secara tidak langsung pada kawat (*induksi*).
- c. Operasi pemutusan (*switching operations*).
- d. Busur tanah (*arching grounds*).
- e. Gangguan-gangguan pada sistem oleh berbagai-bagai kesalahan.
- f. Tegangan mantap sistem.

II.3.1 Bentuk Gelombang Berjalan

Bentuk umum dari suatu gelombang berjalan adalah tegangan *impuls* yang mempunyai spesifikasi seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar.2.7. Spesifikasi Gelombang Berjalan

Persamaan umum tegangan impuls tiruan petir adalah sebagai berikut:

$$e(t) = E (e^{-at} - e^{-bt}) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

E,a dan b merupakan suatu konstanta.

Dari variasi *a* dan *b* dapat dibentuk berbagai macam bentuk gelombang yang dapat dipakai sebagai pendekatan gelombang berjalan.

Keterangan dari gambar adalah sebagai berikut :

- a. Puncak (*creat*) gelombang, E (kV), yaitu amplitudo maksimum dari gelombang.
- b. Muka (*front*) gelombang, t_1 (mikrodetik), yaitu waktu dari permukaan sampai puncak. Dalam hal ini gambar dimulai dari 10% E sampai 90% E.
- c. Ekor (*tail*) gelombang, Yaitu bagian belakang puncak gelombang.
- d. Panjang (*length*) gelombang, t_2 (mikrodetik), yaitu waktu dari permulaan sampai titik 50% E pada ekor gelombang.
- e. Polaritas (*polarity*), yaitu polaritas dari gelombang, positif atau negatif.

Suatu gelombang berjalan (*surja*) dinyatakan sebagai berikut :

$$E, t_1 \times t_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

t_1 berharga $10^6 + 10\mu s$

t_2 berharga $10^6 + 100\mu s$

surja petir umumnya digambarkan sebagai t_1 / t_2 .

Polaritas petir secara statistik	Positif	14 %
	Negatif	80%
	Pos/Neg	6%

II.4. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang Elektromagnetik terjadi akibat timbulnya muatan yang dipercepat, yang terdiri dari medan magnetik (B) dan medan listrik (E) yang bergetar saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang. Oleh karena itu, gelombang elektromagnetik merupakan gelombang *Tranversal*. Ada empat besaran vektor yang disebut medan elektromagnetik :

E = Kuat medan listrik (volt per meter)

D = Kerapatan fluks listrik (coulomb per meter persegi)

H = Kuat medan magnet (ampere per meter)

B = Kerapatan fluks magnet (weber per meter persegi) atau *tesla*

Dalam hipotesisnya, *Maxwell* mengemukakan bahwa gelombang elektromagnetik akan memenuhi keempat persamaan (persamaan *Maxwell*).

Adapun persamaan *Maxwell* tersebut adalah sebagai berikut :

1. $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ (Hukum induksi *Faraday*)(2.5)

2. $\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}$ (Hukum *Ampere*)(2.6)

3. $\nabla \cdot B = 0$ (Hukum magnetik *Gauss*)(2.7)

4. $\nabla \cdot D = \rho_v$ (Hukum listrik *Gauss*)(2.8)

Dimana :

J = Kerapatan arus listrik (Ampere per meter persegi)

ρ_v = Kerapatan muatan listrik (Coulomb per meter persegi)

Persamaan medan elektromagnetik diatas merupakan sumber pembangkit medan elektromagnetik.persamaan (2.5)-(2.8) mengungkapkan hukum fisik yang melingkupi medan E, D, H dan B dan sumber J dan P_V pada setiap titik diruang setiap saat. Dan persamaan itu **Maxwell** coba menghitung cepat rambat gelombang elektromagnetik yang dihasilkan persamaan berikut :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

c = Cepat rambat gelombang elektromagnetik

μ_0 = Permeabilitas ruang hampa = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m

ϵ_0 = Permittivitas ruang hampa = $8,85418 \times 10^{-12}$ C²/N.m²

Dengan memasukan harga μ_0 dan ϵ_0 dalam persamaan (2.26), akan diperoleh cepat rambat gelombang elektromagnetik sebesar : $2,99792 \times 10^8$ m/s.

Nilai tersebut ternyata sesuai dengan cepat rambat cahaya dalam ruang hampa. Dan dengan hasil ini **Maxwell** berani mengatakan bahwa cahaya adalah (radiasi) gelombang elektromagnetik. Seperti halnya gelombang yang lain, maka gelombang elektromagnetik dapat mengalami beberapa peristiwa gelombang, seperti *polarisasi*, *refleksi* (pantulan), *refraksi* (pembiasan), *iterferensi* dan *difraksi*.

Sifat-sifat gelombang elektromagnetik sebagai berikut :

1. Perubahan medan listrik dan medan magnet terjadi pada saat yang bersamaan sehingga kedua medan memiliki harga maksimum dan minimum pada saat yang sama dan tempat yang sama.

2. Arah medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambat gelombang.
3. Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang *transversal*.
4. Mengalami peristiwa pemantulan, pembiasan, *interferensi*, dan *difraksi* juga dapat mengalami polarisasi karena termasuk gelombang *transversal*.
5. Besar medan listrik dan medan magnet berbanding lurus satu sama lain
6. Tidak dipengaruhi oleh medan listrik dan medan magnetik karena tidak mempunyai muatan.
7. Dalam ruang hanya bergerak dengan cepat rambat gelombang = 3×10^8 m/s

II.5. Medan Elektrostatik

Medan *elektrostatik* adalah medan listrik yang tidak berubah terhadap waktu. Medan ini terjadi bila ada muatan listrik yang tidak berpindah. Bila ada dua titik muatan listrik sebesar q_1 dan q_2 pada jarak r dalam medium elektrik ϵ , Gaya F diantara dua partikel muatan ini adalah

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon r^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Arah gaya pada ini tergantung pada tanda muatan partikel tersebut. Bila kedua partikel itu bertanda sama maka gaya yang terjadi adalah tolak menolak pada garis jaraknya. Dan sebaliknya gaya yang terjadi akan tarik-menarik.

Bila permitivitas medium relatif adalah ϵ_r untuk medium yang homogen dan untuk permitivitas medium hampa/udara adalah ϵ_0 , maka untuk permitivitas medium yang homogen adalah ϵ , berlaku rumus:

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana : $\epsilon_0 = \frac{10^9}{36\pi}$ (F/m)

$$= 8,85 \times 10^{-12} \text{ (F/m)}$$

$$\epsilon_0 = \text{Konstanta listrik (F/m)}$$

Kuat medan listrik timbul dari gaya yang dihasilkan oleh suatu muatan dengan satu unit muatan positif. Akibat dari muatan ini menimbulkan medan, tetapi timbulnya medan bukan efek dari unit muatan tersebut. Dengan demikian besar kuat medan dapat dituliskan seperti berikut.

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \dots\dots\dots(2.21)$$

di mana : E = Kuat medan listrik (v)

q = Muatan listrik (c)

r = Jarak muatan q ke satuan muatan positif (m)

Didalam konduktor yang bermuatan elektrostatik $E = 0$, karena bila $E \neq 0$ (E tidak nol) maka muatan-muatan dalam konduktor akan bergerak searah dengan E, hal ini berarti ada arus dalam konduktor pada hal dalam konduktor bermuatan *elektrostatik* tidak pernah ada arus.