

Analisa Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir Pada Base Transceiver Station (BTS) Sebagai Menara Jaringan Telekomunikasi Wireless

Arnita

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
Telp 0751 7054257 Fax 0751 7051341
e-mail : umiummuarnita@yahoo.com

Abstract

BTS (base transceiver station) antenna height factor on a very large transmitter stations influenced lightning strike, general strike of lightning that can grab the antenna is cloud to ground lightning strike with repeated strokes. Users on the antenna wire protectors are vital to channel the lightning current into the ground and the type of cable used is a coaxial cable, where the lightning current flowing along the channel coaxial cable used in the antenna will cause a very large voltage on input terminal with the grounding of isolation so can damage the equipment. From the use of such coaxial overvoltage calculation arising at the coaxial cable used and the voltage drop on the grounding electrode where large voltages are analyzed is very dependent on large lightning peak current and the use of a good earthlings system.

Keyword: Strike , Lightning, Antena BTS

1.PENDAHULUAN

Antena pemancar biasanya dipasang di atas menara atau bangunan pada daratan dataran-dataran tinggi, maka cenderung sekali disambar petir. Kalau ditinjau sebuah antena tersebut merupakan suatu konduktor. Apabila terdapat awan bermuatan negatif dan terjadi induksi muatan yang berlawanan pada antena tersebut maka ujung konduktor yang runcing akan lebih banyak berkumpul muatan-muatan listrik. Muatan-muatan terkumpul inilah yang memperbesar kuat medan di sekitar ujung konduktor. Jika kuat medan yang terjadi lebih besar dari harga kritisnya, maka akan terjadi pelepasan muatan ke antena. Andaikan kuat medan yang terjadi sangat besar sehingga terjadi breakdown karena besarnya energi sambaran yang ditimbulkan oleh muatan arus petir.

2. TEORI

2.1 Arus Sambaran Petir

Arus sambaran petir mempunyai beberapa parameter yang perlu dipertimbangkan dalam penelitian gangguan yang mungkin terjadi atau ditimbulkan. Beberapa parameter arus sambaran petir adalah :

- Arus puncak petir I_o (peak current)
- Waktu muka t_f (front duration)
- Lamanya sambaran D_f (stroke duration)
- Arus petir I_s

Pada penelitian tersebut diperoleh hubungan antara arus puncak petir dengan kepadatan sambaran (F_g), letak lintang geografis (Li) dan ketinggian awan terendah (Ha). Dengan menggunakan metoda regresi, diperoleh persamaan dari hubungan tersebut, pada persamaan dibawah ini.

$$I_o = 29,5143 \times F_g^{0,332737} \times e^{(-4,14107 \times 10^{-3} \cdot Li - 2,40752 \times 10^{-4} \times Ha)} \quad (2.2)$$

Dimana :

I_o = arus puncak petir (kA)

F_g = kepadatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km²/tahun)

Ha = ketinggian awan terendah (m)

Li = derajat lintang geografis (°)

Harga parameter arus sambaran lainnya tergantung pada harga arus puncak. Penentuan hubungan tersebut didasarkan pada sambaran negatif pertama. Sebagaimana dijelaskan dalam 6th CEPSI di Jakarta Dr.Ir.K.T. Sirait dan Dipl.Ing.Ir. Reynaldo Zorro, hubungan parameter tersebut adalah :

$$I_s = 1,2358 \times I_o^{0,8} \quad (2.3)$$

Dimana :

I_s = arus petir (kA)

I_o = arus puncak petir (kA)

Setiap sambaran petir dapat diuraikan secara matematis 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. Parameter-parameter yang didapat dari hasil pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

- Arus petir maksimum yaitu harga maksimum/puncak impulse petir (i). Nilai maksimum arus petir adalah arus petir dengan amplitudo tertinggi dari arus petir awan ke tanah yang mempunyai polaritas negatif dengan diikuti lebih dari 3 (tiga) petir ikutan. Arus puncak petir maksimum digunakan untuk menentukan jarak sambaran petir (Striking Distance) dan jatuh tegangan sepanjang penghantar seperti jatuh tegangan pada pentanahan atau kenaikan tahanan tanah. Arus petir maksimum (I) menentukan tinggi tegangan jatuh (V_m) pada tahanan pentanahan obyek yang disambar,

Rumus :

$$V_m = I_m \times R \text{ (Volt)} \quad (2.4)$$

Dimana :

V_m = Tinggi tegangan jatuh

I_m = Arus petir puncak atau maksimum

R = Tahanan tanah

Akibat dari parameter ini akan menimbulkan tegangan jatuh dan perbedaan tegangannya dapat merusak perangkat. Arus puncak tersebut dapat juga digunakan untuk menentukan tingkat proteksi yang akan digunakan atau dipilih dan dipergunakan dalam perhitungan Jari-jari Bola Gelinding.

➤ Muatan Petir atau muatan total (Q)

Nilai maksimum petir adalah integral arus terhadap waktu dari seluruh gelombang arus petir atau dapat dikatakan seluruh muatan yang dipindahkan petir pada saat terjadi sambaran. Penentuan besaran muatan kilat pertama dilakukan oleh Wilson pada tahun 1920 dengan mengamati perubahan medan listriknya. Parameter ini menentukan jatuh tegangan pada tahanan pentanahan atau kenaikan tahanan tanah. Muatan (Q) menentukan jumlah Energi (W) yang terwujud pada titik sambaran dan setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi.

Rumus:

$$Q = \int i \cdot dt \quad (2.5)$$

$$W = Q \cdot V_{a,k} \quad (2.6)$$

Dimana;

i = Arus petir

$V_{a,k}$ = Tegangan jatuh anoda katoda,

Pengaruh Q ini adalah dapat melelehkan logam dan dapat menimbulkan bunga api. Energi yang terjadi pada kaki busur listrik titik sambaran petir berbanding lurus antara muatan petir (Q) dan tegangan jatuh (V). Parameter ini berguna untuk menentukan dimensi penangkal petir.

➤ Energi Spesifikasi Arus Petir Atau Kuadrat Impulse dari arus (E).

Energi (E) menentukan pemanasan serta gaya impulse,

Rumus:

$$E = \int i^2 dt, \quad (2.7)$$

Dimana;

i = Arus petir

E = Energi yang timbul

t = waktu

Pengaruh parameter ini adalah dapat mengakibatkan efek mekanik pada sambaran dan menimbulkan kenaikan temperatur yang mengakibatkan pemanasan. Parameter ini digunakan untuk menentukan dimensi penangkal petir. Akibat sambaran ini dapat mematahkan metal dan meratakan tembok.

➤ Kecuraman maksimum dari Arus Petir (di/dt)

Nilai maksimum kecuraman arus petir merupakan kenaikan arus (steepness) terbesar terhadap waktu pada saat arus petir naik. Parameter kecuraman arus petir berguna untuk menentukan besar tegangan induksi pada loop-loop dekat dengan penghantar arus petir dan untuk menentukan besar induksi tegangan jatuh

induktif pada konduktor dan rangkaian Kopling Magnetik. Petir juga menimbulkan tegangan induksi (U).

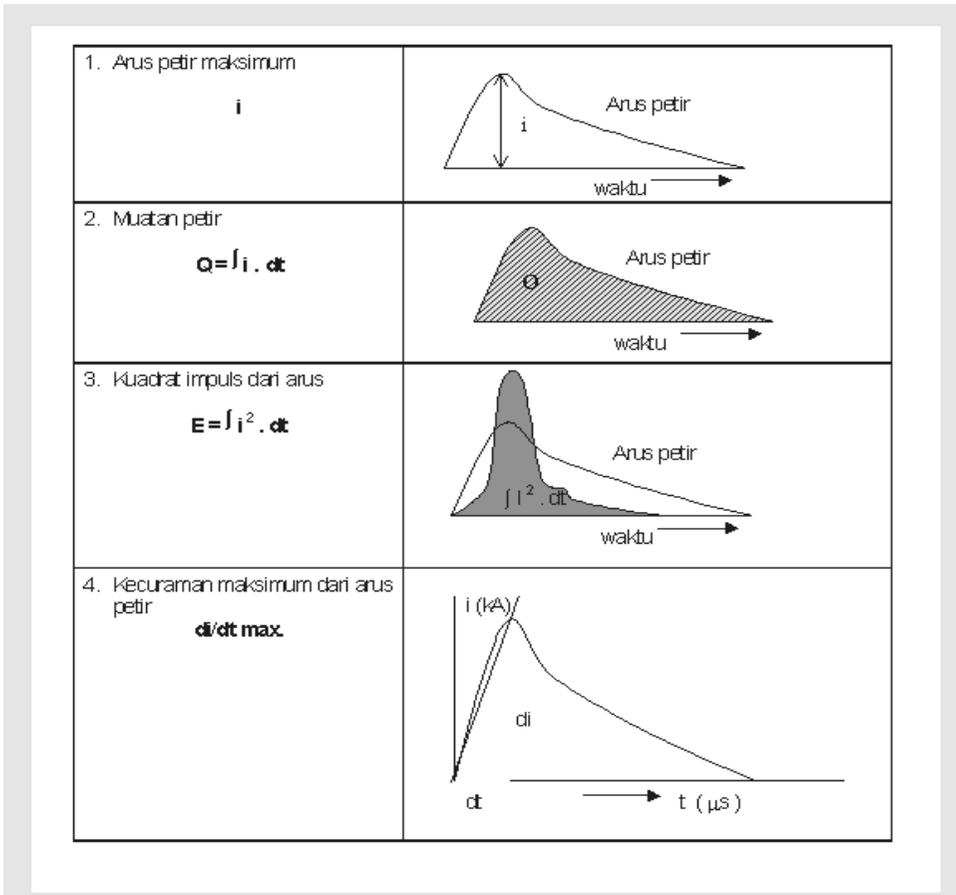
Rumus:

$$U = L \, di/dt \text{ (Volt)} \quad (2.8)$$

Dimana;

L = Induktansi metal/kabel (henry)

di/dt = laju kenaikan arus terhadap waktu/kecuraman Arus Petir.



Gambar 2.1. Parameter-Parameter Petir

Pengaruh Parameter ini adalah dapat menyebabkan adanya tegangan drop induktif pada konduktor yang dilalui arus (ada sifat induktif) serta adanya tegangan induktif pada rangkaian loop karena kopling magnetik. Parameter ini digunakan berkaitan dengan penentuan dimensi konduktor Pengaman Petir. Akibat dari parameter ini menimbulkan tegangan induksi dan merusak perangkat. Keempat parameter petir inilah yang menentukan karakteristik dari petir dan besarnya berbeda antara petir di daerah tropis dengan sub tropis. Parameter petir ini sangat

dibutuhkan untuk tujuan pemeliharaan dan perencanaan sistem perlindungan dari sambaran petir pada suatu pemancar atau peralatan

2.2 Jaringan Telekomunikasi

Dalam jaringan telekomunikasi pada saat ini saluran telepon telah dihubungkan dengan perangkat digital. Alasan utamanya adalah pengenalan perangkat teknologi rangkaian terpadu digital, yang menawarkan metode pengiriman signal suara dan signal data yang dapat diandalkan dan ekonomis. Sejak pemakaian pertama fiber optik digunakan untuk jaringan telekomunikasi. Penggunaannya pertama kali melibatkan hubungan digital. Bagaimanapun dalam berbagai instansi untuk mengirimkan informasi lebih menguntungkan dalam bentuk analog sebagai pengganti perubahan menjadi bentuk digital. Beberapa contohnya adalah microwave, multiplexed signals, subscriberloop applications, video distribution, antenna remoting, dan radar signal processing. Hubungan antar sesama pelanggan terjadi melalui tahapan-tahapan dari berbagai sarana yang tersedia diantaranya.

2.2.4 Mobile Station

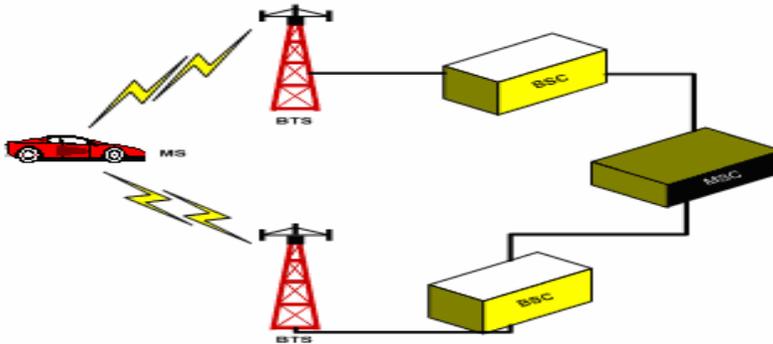
Bagian paling rendah dari sistem komunikasi seluler adalah MS (Mobile Station). Bagian ini berada pada tingkat pelanggan dan portable. Mobile Station atau yang juga dikenal dengan sebagai Telepon Mobil terdiri atas peralatan terminal mobil dan kartu pintar sebagai modul identitas pelanggan SIM (Subscriber Identity Module). SIM memberikan identitas personal penggunaannya, agar pelanggan dapat menjadi pelanggan layanan yang berhubungan dengan terminal khusus. Dengan memasukkan SIM ke terminal mobil yang lain pengguna dapat menerima panggilan, melakukan panggilan dan menerima layanan yang khusus pada terminal ini.

2.2.5 BTS (Base Transceiver Station)

BTS berfungsi menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain. Satu cakupan pancaran BTS dapat disebut Cell. Komunikasi seluler adalah komunikasi modern yang mendukung mobilitas yang tinggi. Pada tiap sel terdapat BTS (Base Transceiver Station). BTS ini fungsinya sebagai stasiun penghubung dengan MS. Jadi, merupakan sistem yang langsung berhubungan dengan handphone.

Otak yang mengatur lalu-lintas trafik di BTS adalah BSC (Base Station Controller). Location Updating, penentuan BTS dan proses handover pada percakapan ditentukan oleh BSC. Beberapa BTS pada satu region diatur oleh sebuah BSC. BSC-BSC ini dihubungkan dengan MSC (Mobile Switching Center). MSC merupakan pusat penyambungan yang mengatur jalur hubungan antar BSC maupun antara BSC dan jenis layanan telekomunikasi lain (PSTN, operator GSM lain, AMPS, dll).

Cara kerja dari sebuah BTS adalah suatu BTS mampu menjangkau suatu area dengan batas – batas tertentu dan dibatasi dengan BTS lain. Di karenakan jika suatu BTS ada suatu daerah yang kosong dari jangkauan, maka akan terjadi drop (hilang) dari pada signal komunikasi. Hal itu akan mengakibatkan daerah tersebut tidak dapat dipakai untuk berkomunikasi. Sedangkan jika ada daerah yang sama – sama di jangkau oleh BTS, maka akan terjadi penanganan antar BTS. Sehingga signal tidak sampai terputus.

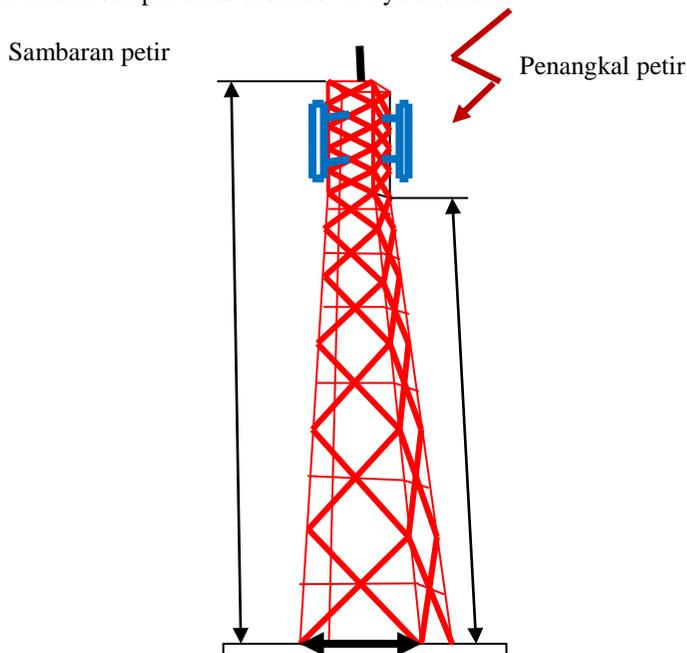


Gambar 2.4. Struktur BTS

3. METODOLOGI

Pada suatu pemancar yang mendapat sambaran petir langsung, maka harus dipasang penangkal petir di puncak menara, dengan demikian jika terjadi petir maka petir tersebut cenderung untuk menyambar penangkal petir itu dan arus petir disalurkan ke tanah melalui down conductor.

Pemasangan penangkal petir di puncak menara akan mengurangi kuat medan di sekitar antena dan diharapkan pelepasan muatan yang terjadi tidak terlalu besar karena sedini mungkin telah disalurkan lewat penangkal petir tadi yang meredusir kuat medan sampai batas breakdown-nya di udara.



Gambar 3.1. Sambaran Petir Pada Menara Pemancar

Pada menara antenna pemancar atau BTS ini berfungsi sebagai penangkap sinyal dari handphone dan kembali di pancarkan pada stasiun pemancar lain kemudian di salurkan ke handphone kembali.

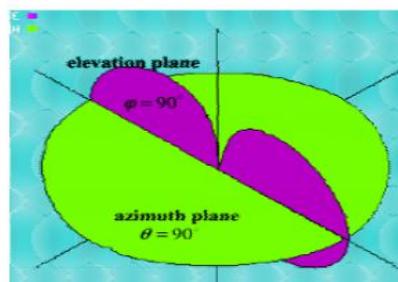
3.1 Pola Radiasi Antena

Pola radiasi (radiation pattern) merupakan salah satu parameter penting dari suatu antenna. Parameter ini sering dijumpai dalam spesifikasi suatu antenna, sehingga pembaca dapat membayangkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna tersebut. Dalam hal ini, maka pola radiasi disebut juga pernyataan secara grafis yang menggambarkan sifat radiasi dari antenna (pada medan jauh) sebagai fungsi dari arah dan penggambarannya dapat dilihat pada diagram pola radiasi yang sudah diplot sesuai dengan hasil pengukuran sinyal radiasi dari suatu antenna.



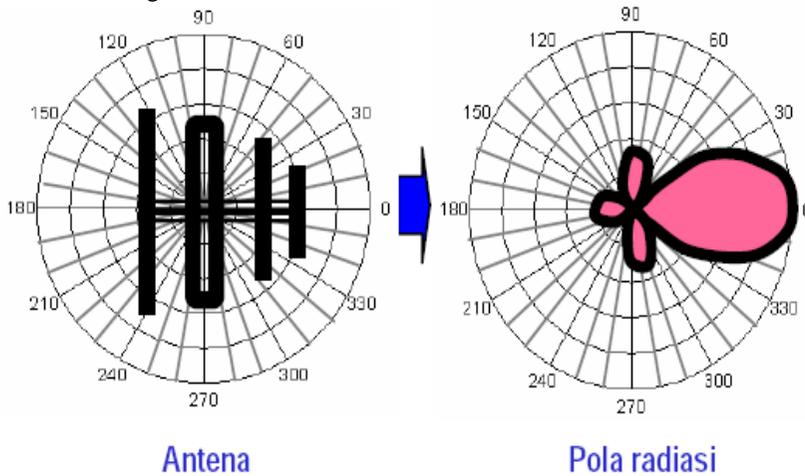
Gambar 3.2. Dimensi Pola Radiasi

Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (field pattern) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah kuat medannya dan disebut pola daya (power pattern) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah vektor poynting-nya. Apabila dilihat dari penamaan bidang pola radiasi ada 4 macam, yaitu: Bidang H ialah bidang magnet dari pola radiasi antenna, bidang E ialah medan listrik dari pola radiasi antenna, bidang elevasi ialah pola radiasi yang diamati dari sudut elevasi dan bidang azimuth ialah pola radiasi yang diamati dari sudut azimuth. dimana antara bidang H dan bidang E saling tegak lurus dan antara bidang elevasi dan bidang azimuth juga sama saling tegak lurus.



Gambar 3.3. Ilustrasi Bidang Pola Radiasi

Pada gambar 3.3 di atas memperlihatkan bentuk koordinat pada bidang pola radiasi, untuk warna hijau ialah bidang azimuth atau bidang H, sedangkan warna ungu menjelaskan bidang elevasi atau E.



Gambar 3.4. Ilustrasi Pola Radiasi Dalam Koordinat Polar

Pada gambar 3.4 di atas menjelaskan ilustrasi pola radiasi dengan antenna dalam koordinat polat (polar plot), sengaja diambil dari contoh di atas antenna yang digunakan pada gambar tersebut adalah antenna Directional berupa antenna yagi, agar nampak lebih jelas pengaruh posisi antenna terhadap radiasi yang dipancarkan oleh antenna tersebut.

4. PEMBAHASAN.

4.1 Daerah Medan Antena

Daerah di sekitar antenna dibagi menjadi tiga bagian, yaitu daerah medan dekat reaktif (reactive near-field region), daerah medan dekat radiasi (radiating near-field region), dan daerah medan jauh (farfield region). Pembagian daerah-darah ini berdasarkan struktur medan dan medan listrik dari antenna.

- Daerah Medan Dekat Reaktif

$$\text{dengan jari-jari : } 0 < R < 0,62\sqrt{\frac{L^3}{\lambda}} \quad (3.5)$$

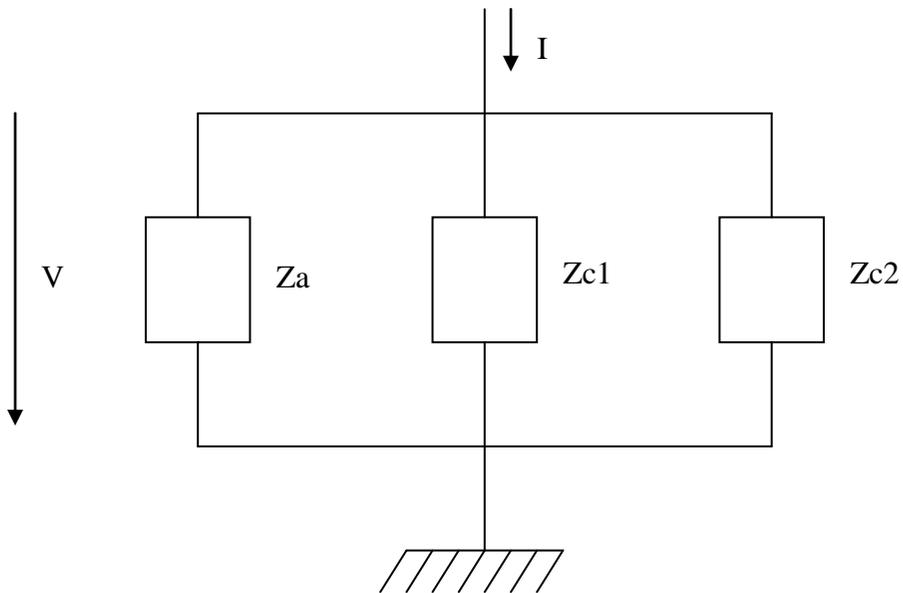
- Daerah Medan Dekat Radiasi

$$0,62\sqrt{\frac{L^3}{\lambda}} < R < 2\frac{L^2}{\lambda} \quad (3.6)$$

➤ Daerah Medan Jauh

permukaan bola dengan jari-jari :
$$R > 2 \frac{L^2}{\lambda} \quad (3.7)$$

Dari sistem antenna pada pemancar dapat dibuat rangkaian ekivalen sistem antenna sebagai berikut :



Gambar 4.1 Rangkaian Ekivalen Sistem Antena

Dimana :

Z_a = Impedansi surja menara antenna (Ω)

Z_{c1} = Impedansi surja kabel koaksial antenna pemancar (Ω)

Z_{c2} = Impedansi surja kabel koaksial antenna penerima (Ω)

Hukum Kirchoff I yang mengatakan arus total yang menuju kesuatu titik

Dari gambar dapat diturunkan persamaan arus petir yang mengalir pada menara, kabel koaksial antenna pemancar dan penerima yaitu :

➤ Arus petir yang mengalir pada menara antenna :

$$I_a = \frac{Z_{c1} \cdot Z_{c2}}{Z_a \cdot Z_{c1} + Z_{c1} \cdot Z_{c2} + Z_{c2} \cdot Z_a} I_o \quad (3.9)$$

➤ Arus petir yang mengalir pada kabel koaksial antenna pemancar :

$$I_{c1} = \frac{Z_a \cdot Z_{c2}}{Z_a \cdot Z_{c1} + Z_{c1} \cdot Z_{c2} + Z_{c2} \cdot Z_a} I_o \quad (3.10)$$

- Arus petir yang mengalir pada kabel koaksial antenna pemancar :

$$I_{C2} = \frac{Z_a \cdot Z_{C1}}{Z_a \cdot Z_{C1} + Z_{C1} \cdot Z_{C2} + Z_{C2} \cdot Z_a} I_o \quad (3.11)$$

- maka impedansi surja menara antenna adalah :

$$Z_a = 30 \ln \left[\frac{2(h_t^2 + r_t^2)}{r_t^2} \right] \quad (3.12)$$

Dimana :

$$\ln r_t = \frac{h_o}{h_t(x_b - x_u)} [x_b(\ln x_b - 0,87) - x_u(\ln x_u - 0,87)] + \frac{h_t - h_o}{h_t} \ln(1,14 \cdot x_u) \quad (3.13)$$

dimana :

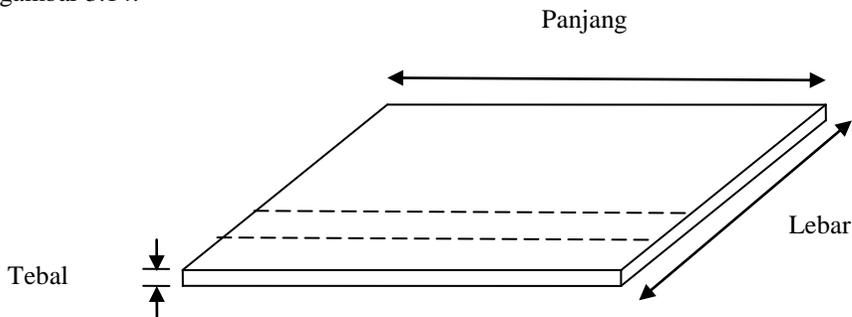
- h_t = tinggi menara (m)
- r_t = jari-jari ekivalen kaki menara (m)
- x_b = lebar kaki menara (m)
- x_u = lebar puncak menara (m)

4.2 Pentanahan

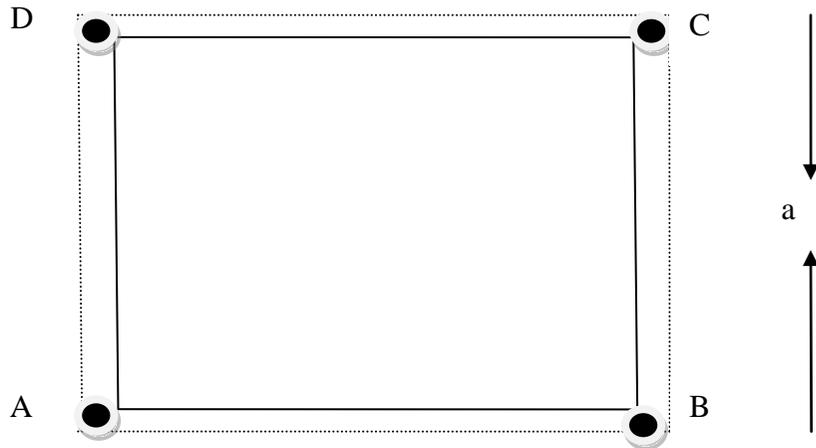
Pada menara antenna dipasang pengentanahan batang elektroda berupa segi empat di pinggir kaki-kaki menara. Untuk menentukan luas area pengentanahan (A) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini,

$$A = P \times L \quad (m) \quad (3.19)$$

Luas ini merupakan luas landasan dimana kaki menara ditanamkan. Berikut ini diperlihatkan bentuk elektroda pentanahan plat (pentanahan Mesh) seperti pada gambar 3.14.



Gambar.3.14.Segmen Elektroda Berbentuk



Gambar 3.15. Susunan Elektroda lat Pentanahan Pada Kaki Menara

Karena radius daerah pengetanahan berupa diagonal dari daerah landasan, jadi besar radius daerah pengetanahan (R_r) dinyatakan dengan :

$$R_r = \sqrt{P^2 + L^2} \quad (\text{m}) \quad (3.20)$$

➤ Jumlah segmen elektroda $n = \text{lebar/tebal}$

➤ Panjang total elektroda $L = n \times l$ (3.21)

Dimana :

$l =$ Panjang setiap segmen elektroda

$L =$ Panjang total elektroda batang (meter)

➤ Besar tahanan elektroda pentanahan (R_{st}) menurut laurent adalah :

$$R_{st} = \left(\frac{\rho}{4R_r} + \frac{\rho}{L} \right) \quad (\Omega) \quad (3.22)$$

Dimana :

$\rho =$ Tahanan jenis tanah

$L =$ Panjang total elektroda batang (meter)

$R_r =$ besar radius daerah pengetanahan (meter)

➤ Sehingga dapat kita peroleh tegangan jatuh pada elektroda pentanahan kaki menara (V_E) adalah :

$$V_E = R_{st} \cdot I_o \quad (3.23)$$

Dimana :

$V_E =$ Tegangan jatuh pada elektroda pentanahan (V)

$R_{st} =$ Besar tahanan elektroda pentanahan (Ω)

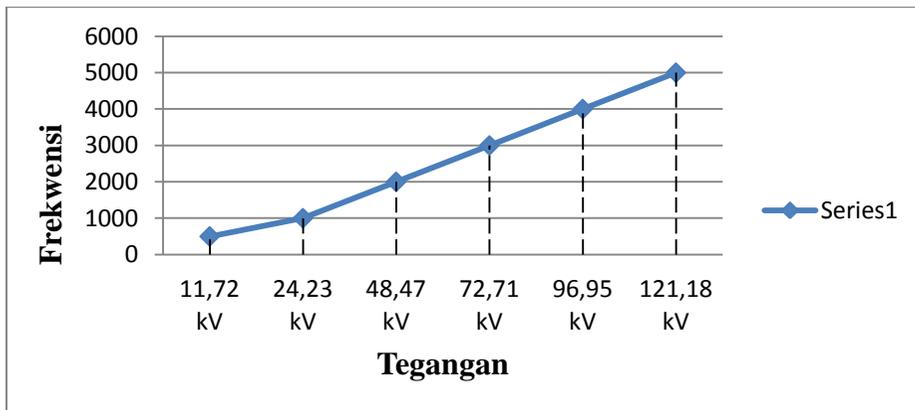
$I_o =$ Arus puncak petir

4.3 Hasil Perhitungan

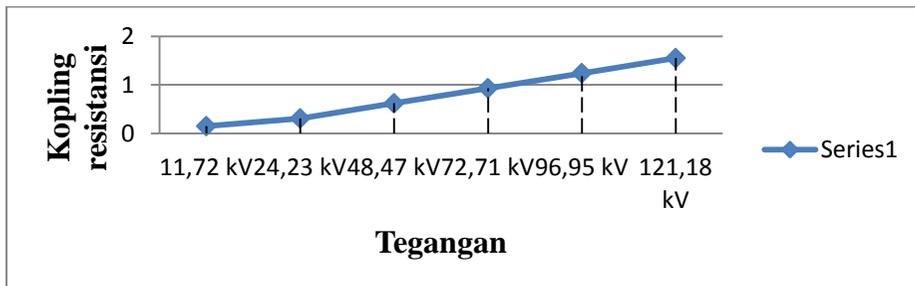
Setelah dilakukan analisa dan perhitungan dari data-data yang ada maka dibuat tabel hasil perhitungan seperti yang terlihat pada tabel :

➤ Tabel 4.3.1. Data Tegangan Lebih Pada Antena Penerima

Antena Penerima	Type kabel	Frekwensi	Fg	α	r_k	V_k
1	LDF5-50 A	500 MHz	16,56	$47,73^\circ$	0,15 k Ω /m	11,72 kV
2	LDF5-50 A	1000 MHz	16,56	$47,73^\circ$	0,31 k Ω /m	24,23 kV
3	LDF5-50 A	2000 MHz	16,56	$47,73^\circ$	0,62 k Ω /m	48,47 kV
4	LDF5-50 A	3000 MHz	16,56	$47,73^\circ$	0,93 k Ω /m	72,71 kV
5	LDF5-50 A	4000 MHz	16,56	$47,73^\circ$	1,24 k Ω /m	96,95 kV
6	LDF5-50 A	5000 MHz	16,56	$47,73^\circ$	1,55 k Ω /m	121,18 kV

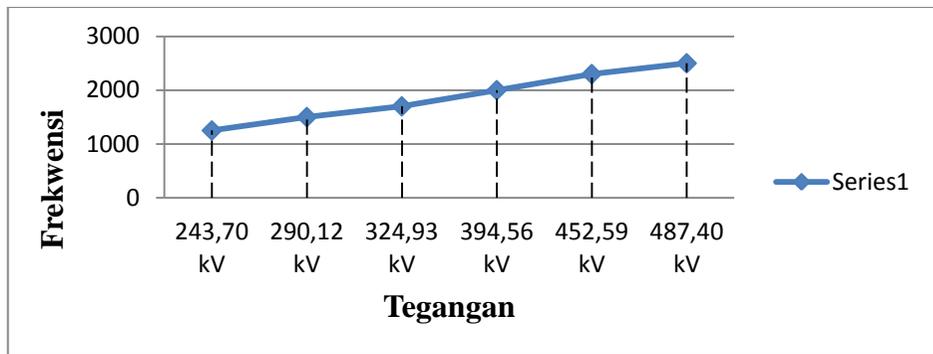


➤ Grafik 4.3.2. tegangan lebih pada kabel koaksial antena penerima terhadap kopling resistansi

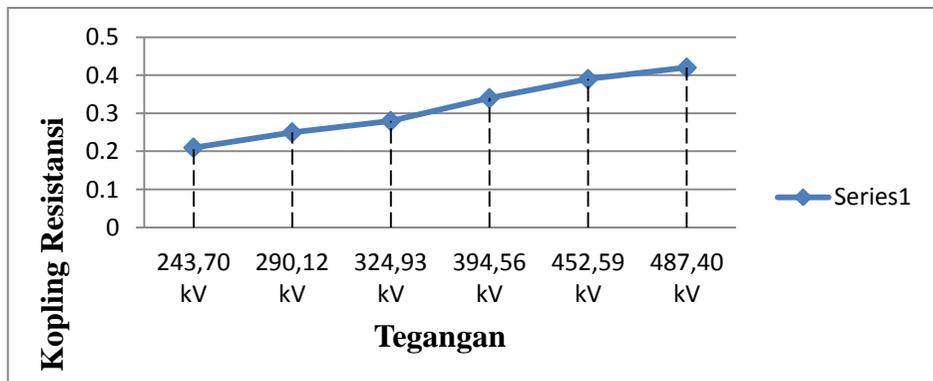


➤ Tabel 4.3.2. Data Tegangan Lebih Pada Antena Pengirim

Antena pengirim	Type kabel	Frekwensi	Fg	α	r_k	V_k
1	LDF7-50 A	1250 MHz	16,56	47,73°	0,21 kΩ/m	243,70 kV
2	LDF7-50 A	1500 MHz	16,56	47,73°	0,25 kΩ/m	290,12 kV
3	LDF7-50 A	1700 MHz	16,56	47,73°	0,28 kΩ/m	324,93 kV
4	LDF7-50 A	2000 MHz	16,56	47,73°	0,34 kΩ/m	394,56 kV
5	LDF7-50 A	2300 MHz	16,56	47,73°	0,39 kΩ/m	452,59 kV
6	LDF7-50 A	2500 MHz	16,56	47,73°	0,42 kΩ/m	487,40 kV



➤ Grafik 4.3.3. tegangan lebih pada kabel koaksial antena pengirim terhadap Frekwensi



➤ Grafik 4.3.4. tegangan lebih pada kabel koaksial antena penerima terhadap kopling resistansi

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang didapat, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil beberapa perhitungan pada tegangan lebih pada kabel antena penerima dan pengirim dimana semakin bertambah frekwensinya maka semakin besar kopling resistansinya sehingga mempengaruhi besar tegangan lebihnya,
- karena itu semakin bertambah kopling resistansinya maka tegangan lebih pada antena pengirim dan penerima akan bertambah juga. Tegangan lebih pada kabel koaksial dapat terjadi karena adanya petir yang menyambar sehingga menghasilkan tegangan yang melebihi kapasitas dari kabel tersebut yang dapat berakibat buruk terhadap peralatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dennis Rooddy, John Coolen, “Komunikasi Elektronika” Erlangga, Jakarta, 1990.
- P. Hasse, “Overvoltage Protection Of Low Voltage Systems”, London, 1987.
- Regis J. Bates, “Wireless Networked Communications” New York.
- Reynaldo Zoro, Arief Setyo Wibowo “Evaluasi Sistem Proteksi Eksternal dan Analisa Resiko Sambaran Petir Pada Bangunan”, ITB, Bandung
- TS. Hutaruk, “Pengentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan” Erlangga, Bandung, 1999.
- T.S. Hutaauruk, “Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja” Erlangga, Jakarta, 1989.
- Tiur LH. Simanjuntak, “Dasar-dasar Telekomunikasi” P.T. Alumni, Bandung, 2002.