

## Dampak Sambaran Petir Pada Menara Tiang *Base Transceiver Station* (BTS)

Budi Utama

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (9 pt)

Korespondensi : budiutamaduautama@ymail.com

### ABSTRAK

Makalah ini menganalisis sebaran potensial rata-rata yang terakumulasi di dalam metal struktur menara Base Transceiver Station (BTS) dan penyebaran tegangan langkah disekitar menara BTS pascasambaran petir di puncak menara BTS. Analisis menggambarkan magnitud tegangan rata-rata yang melintasi komponen-komponen antenna yang diletakkan disepanjang struktur menara dan pengaruh tahanan-jenis tanah yang berubah-ubah terhadap musim kemarau dan hujan. tegangan rata-rata ini akan meningkat magnitudnya seiring dgn perjalanan gelombang tegangannya menuju kaki menara. Pada selang waktu 0.45 mikro-detik pasacasambaran petir di puncak menara muncul penyebaran tegangan langkah dipermukaan tanah. Hubungan antara amplitudo petir dan tegangan langkah digambarkan melalui kurva yang bersesuaian. Hasil studi simulasi ini sangat penting bagi negara seperti Indonesia dimana level presipitasi/curah hujan (precipitation levels) umumnya tinggi disebagian kawasan di Indonesia dan dapat mengetahui magnitud potesial rata-rata di sepanjang struktur menara.

Kata kunci: Petir, Menara-BTS, Tegangan-langkah, Potensial rata-rata.

### ABSTRACT

*This paper analyzes the distribution of the average potential accumulated in the metal structure of the Base Transceiver Station (BTS) tower and the spread of step voltage around the BTS tower after lightning strikes at the top of the BTS tower. The analysis illustrates the magnitude of the average voltage across the antenna component components which is located along the tower structure and the effect of change in soil resistivity on the dry and rainy season. At an interval of 0.45 micro-seconds after a lightning bolt at the top of the tower appears the spread of the step voltage on the surface of the ground. The relationship between lightning amplitude and step voltage is illustrated through the corresponding curve. The results of this simulation study are very important for a country such as Indonesia where precipitation levels are generally high in some parts of Indonesia and can know the average potential magnitude along the tower structure.*

*Keyword : Lightning, Tower-BTS, Voltage-step, Potential average*

### 1. PENDAHULUAN (10 PT)

Base Transceiver Station atau disingkat BTS merupakan perangkat jaringan telekomunikasi yang memudahkan komunikasi nirkabel antara perangkat dan jaringan, Stasiun ini berupa tiang menara vertikal. Piranti komunikasi penerima sinyal BTS dapat berupa telepon, telepon seluler, jaringan nirkabel sementara operator jaringan yaitu GSM (Global System for mobile Communication), CDMA (Code Division Multiple Access), atau platform TDMA (Time Division Multiple Access), BTS mengirimkan dan menerima sinyal radio ke perangkat mobile dan mengkonversi sinyal-sinyal tersebut menjadi sinyal digital untuk selanjutnya dikirim ke terminal lainnya untuk proses enkapsulasi pesan atau data. BTS memiliki peralatan untuk enkripsi dan dekripsi komunikasi, peralatan penyaringan spektrum, antena dan transceiver TRX. BTS biasanya memiliki banyak transceiver yang memungkinkannya melayani banyak frekuensi dan sektor sel yang berbeda. Semua piranti (device) yg terpasang diatas menara BTS merupakan perlengkapan komunikasi yang sangat rentan terhadap induksi elektromagnetik dari sebuah sambaran petir (stepped leader). Induksi ini muncul saat terjadi sambaran petir di puncak menara BTS. Dalam beberapa tahun terakhir, dengan penggunaan telekomunikasi telepon seluler yang luar biasa, kekhawatiran yang semakin besar tentang kemungkinan bahaya kesehatan telah sangat meningkat dikalangan publik dan ilmuwan. Penelitian yang berorientasi untuk mengetahui reaksi psikologis dan psikobiologis yang dilakukan oleh [7] menunjukkan bahwa paparan ponsel telah terbukti memiliki banyak efek pada fungsi kekebalan tubuh, merangsang hormon, otak mamalia, motilitas sperma dan morfologi, dan sindrom neurologis patologi [7]. Pada sistem yang beroperasi pada koridor frekuensi Extremely Low Frequency, ELF, pada kehadiran lingkungan power-plant, switchgear tegangan tinggi, saluran transmisi tegangan tinggi, pada transformator daya, dan banyak peralatan listrik yang untuk saat ini akan menyebabkan manusia terpapar (exposure) oleh medan elektromagnetik pada koridor ELF ini [5]. Di dalam piranti elektronik modern, konverter energi digunakan sebagai pengganti transformator, yang menyebabkan pemunculan yang lebih tinggi harmonik tegangan dan arus listrik. Khususnya pada harmonik ketiga 150 Hz

mempunyai nilai signifikans dan juga muncul di dalam lingkungan [5]. Belum lagi jika menara antenna BTS ini tersambar oleh petir, tentunya potensi untuk tersambar petir kemungkinannya ada dan mempunyai tingkat probability yang tinggi, hal ini dikarenakan struktur menara menjulang tinggi, dgn bangun vertikal ke atas dan mampu menimbulkan kuantitas dan densiti garis medan yang cukup tinggi serta mempunyai konfigurasi garis medan (fluks medan) yang bersifat 'sangat amat tak homogen'. Sifat medan listrik seperti ini (medan listrik yg tak homogen) adalah menjadi jalan 'tol' yang paling disenangi oleh alur petir (stepped leader). Sebuah sambaran petir akan menimbulkan efek : elektrostatis, induksi, dan radiasi. Sebuah ujung stepped leader saat mengenai puncak menara antenna BTS, maka semua peralatan atau piranti (device) elektronika yang ada di menara antenna tsb mengalami kejutan (shock) listrik berupa gelombang tegangan impulse dan fenomena elektrostatis dan induksi disekitarnya. Fenomena ini tentunya disertai oleh intensitas medan listrik dengan magnitud yang tinggi. Jadi, jika sebuah sambaran petir (stepped leader) ketika menyentuh puncak menara BTS (Base Transceiver Station) maka dengan segera akan terjadi fenomena induksi (disekitar tower BTS) yang ditimbulkan oleh alur kanal petir itu sendiri. Perhitungan angka magnitud induksi petir ini dapat dihitung sebagaimana yang dikerjakan pada saluran udara tegangan ekstra tinggi [2] dan pada saluran distribusi [3]. Peristiwa induksi (akibat sambaran petir) ini pernah terjadi di RT 007/03, Pondok Jati, Pondok Aren, Tangerang Selatan. Keberadaan menara BTS ini berdiri di atas lahan 500 meter persegi berdekatan dengan pemukiman warga dan sejumlah rumah warga yang jaraknya beradius 200 meter juga terkena dampak. Fakta dari insiden ini diperoleh beberapa respons dari tempat kejadian antara lain : kerusakan piranti elektronik di bagian rumah warga yang berada di sekitar menara BTS, dampak sambaran petir di puncak menara BTS terasa dalam radius 200 meter dari titik pusat 'tiang menara BTS', dan menimbulkan rasa 'takut' (dengan alasan yang tidak jelas, mungkin alasan psikologis) pada warga yang berjarak 7 meter dari tiang menara BTS. Beberapa alasan psikologis yang tidak jelas dapat kita sisikan akan tetapi kerusakan piranti elektronika pada jarak 200 meter tidak dapat diacuhkan begitu saja, karena fenomena ini dapat dijelaskan secara terinci melalui konsep tegangan langkah (step potential) yang ditimbulkan oleh gelombang arus petir yang masuk ke tanah di titik pusat kaki menara BTS pascasambaran petir di puncak menara BTS.

Sementara itu di dalam metal tower BTS itu sendiri akan mengalir gelombang arus dan tegangan dalam bentuk gelombang impulse. Proses pengaliran gelombang arus ini mengarah menuju tanah melalui konduktor turun (down conductor) atau melalui kaki menara BTS itu sendiri yang kemudian mengalir masuk ke tanah. Akibat pengaliran gelombang arus impulse ini maka disekitar struktur metal tower berpotensi menimbulkan gejala elektrostatis dan penyebaran gelombang arus yang masuk ke tanah ini akan menimbulkan tegangan langkah (step-potential / step-voltage).

Sebuah menara BTS akan selalu mengundang alur petir. Kenapa demikian ... ?. Untuk menjawab pertanyaan ini, konsep garis medan listrik atau fluks listrik harus dipahami. Medan listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian besar (menurut sifat garis fluks/medannya), yaitu : Medan yang homogen, medan yang tak homogen dan medan yang 'sangat amat tak homogen'. Dari ketiga jenis atau sifat garis medannya ini yang paling disenangi oleh petir adalah medan yang 'sangat tak homogen' (merupakan jalan tol-nya alur petir). Jenis garis medan ini tercipta bila ada pembentukan dua elektroda yang permukaan keduanya berkontur datar (piringan) dan elektroda jarum. Jadi dibagian bawah kluster awan cumulonimbus mampu nyai kontur permukaan yang rata (seperti elektroda piring) sedangkan sebuah struktur runcing adalah merupakan visualisasi dari menara BTS itu sendiri merupakan elektroda jarum. Konfigurasi dua jenis elektroda ini akan memproduksi garis medan listrik yang 'sangat amat tak homogen'.

Disisi lain perlu dipahami juga bahwa, ketika sebuah sambaran petir terjadi maka akan tampak perjalanan sebuah alur petir yang dipresentasikan sebagai lidah lompat (step leader), Kecepatan lidah lompat ini kira-kira mendekati 3 % dari kecepatan cahaya dengan alur jalan patah-patah (tidak lurus). Pascapemunculan lidah lompat dari permukaan bagian bawah awan, ujung dari lidah lompat ini akan berjalan mengarah ke bumi dalam waktu perjalanan 20.000 mikro-detik = 0.02 detik. Bertugas untuk membantu menyongong lidah lompat (stepped leader) petir, sekaligus menyalurkan dan membuang gelombang impulse arus ini melalui down conductor menuju bumi dengan melewati sistem elektroda pentanahannya (grounding system). Dalam proses penyongsongan lidah lompat (stepped leader) ini ada aliran pergeseran muatan listrik yang muncul dari bumi bergerak ke arah atas lalu bertemu dan menyambung (menyongsong) ujung lidah lompat ini sebagai mana disebut sebagai "aliran penghubung-naik" (upward streamer). Pemunculan "aliran-penghubung-naik" ini tidak semata-mata hanya dapat muncul pada permukaan tanah/bumi, namun dapat juga melalui struktur/objek yang konduktif dengan tanah. Contoh : menara tiang (tower), struktur kapal laut/sungai, bangunan yang berstruktur vertikal tinggi, pohon-pohon, hewan bahkan manusia sekalipun. Ujung puncak menara tiang BTS dapat menjadi tempat titik di mana pemunculan 'aliran-penghubung-naik' (upward streamer) dapat muncul. Analisis tegangan yang terakumulasi di dalam sebuah struktur menara metal pascasambaran petir di puncak menara dikerjakan dengan mempertimbangkan 'aliran-penghubung-naik' [6].

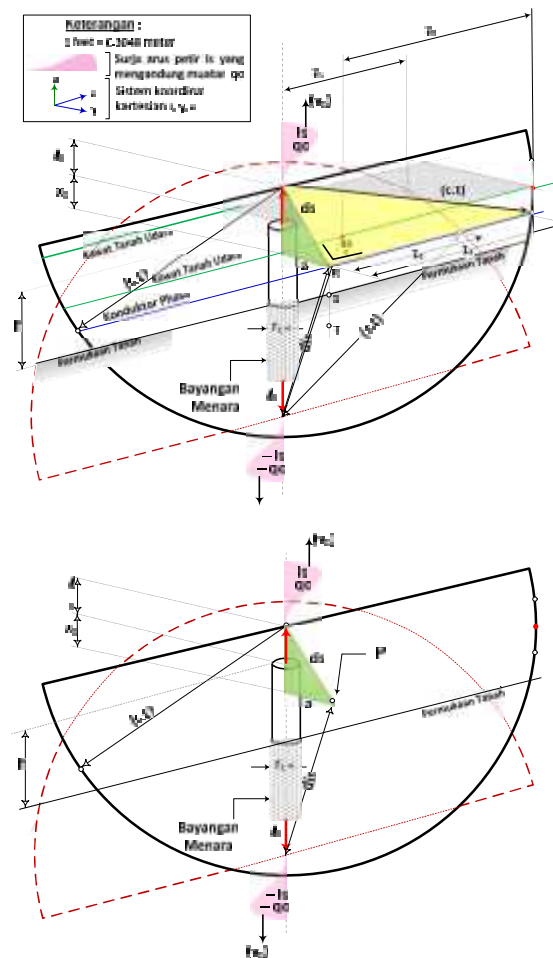
Sebuah terminasi udara (lightning rod) yang dipasangkan dipuncak menara tiang BTS memang dapat melindungi semua instrumen/piranti elektronik yang dipasangkan (dicantelkan) di tubuh menara (seperti : antena parabola yg dipasangkan di menara tiang BTS). Tetapi jangan lupa pascasambaran petir yang menyentuh terminasi udara akan menghasilkan gelombang arus impulse dan gelombang ini terluaskan ke bumi melalui konduktor turun (down conductor) dan menciptakan tegangan langkah (step voltage) disekitar menara BTS. Tegangan langkah ini akan menyebar di bagian atas permukaan tanah secara radial disekitar dan di sekeliling menara BTS-nya, dan berpotensi dapat membawa kematian bagi hewan dan manusia. Jika sistem pentanahan (grounding) pada kaki menara mengalami kenaikan resistans pentanahan (saat peralihan musim kemarau ke musim hujan) sehingga terjadi keterlambatan peluahan dari gelombang arus petir ini ke tanah maka akan terjadi fenomena back flash over (lewat denyar balik) di sepanjang sosok menara BTS ini. Lewat denyar balik ini berupa loncatan bunga api (listrik) dari struktur metal menara ke objek sekiranya.

Penelitian ini akan menganalisis fluktuasi tegangan yang ada di dalam struktur metal menara pascasambaran petir di puncak menara dan memetakan sebaran tegangan langkah (step-potential / step-voltage) disekitar menara.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Proses pembuatan *modelling*

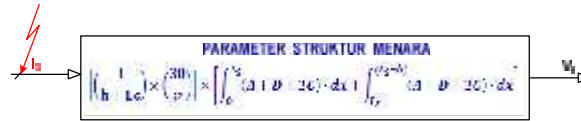
Pemodelan bentuk struktur menara diasumsikan berbentuk silinder dengan tanpa kawat konduktor dan kawat tanah dengan melakukan penyederhanaan *modelling* yg. dikenalkan oleh [6], namun demikian dalam penelitian ini kawat tanah dan konduktor fasa sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1a ditiadakan sehingga menjadi Gbr. 1b. Gelombang muatan  $q_0$  ini akan berubah terhadap waktu ( $t$ ) sehingga menjadi besaran arus listrik yang mengalir ke bagian bawah menara BTS lalu masuk ke tanah dalam bentuk tegangan langkah yang menyebar disekeliling menara secara radial.



Gambar 1 *Modelling* Menara BTS dengan Gelombang muatan ( $q_0$ )

**2.2 Proses pemodelan formulasi**

Block diagram model formulasi ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Modelling Block Diagram ketika Struktur menara tersambar petir

Vt adalah tegangan rata rata yang terdistribusi di dalam struktur metal menara BTS. Setelah selang waktu t = 0.45 mikro-detik (dimana saat t = 0 µdtk petir menyam bar puncak menara) gelombang tegangan Vt ini tiba di ka ki menara.

$$A = \sinh^{-1} \left( \frac{2(h + L_s) - x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right)$$

$$C = \ln \left( \sqrt{\frac{1 - v}{1 + v}} \right)$$

$$D = \sin^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right)$$

Vt adalah besar tegangan yang dirasakan oleh stru enara struktur mbuah sambaran petir dengan amplitudo Is mengenai puncak menara BTS. Selan g waktu Oet. Sektu 0.45 µdamaan (saat t = 0.45 µ-detik) tegangan langkah Vs akan meyebar di permukaan tanah den sar :h dengan be

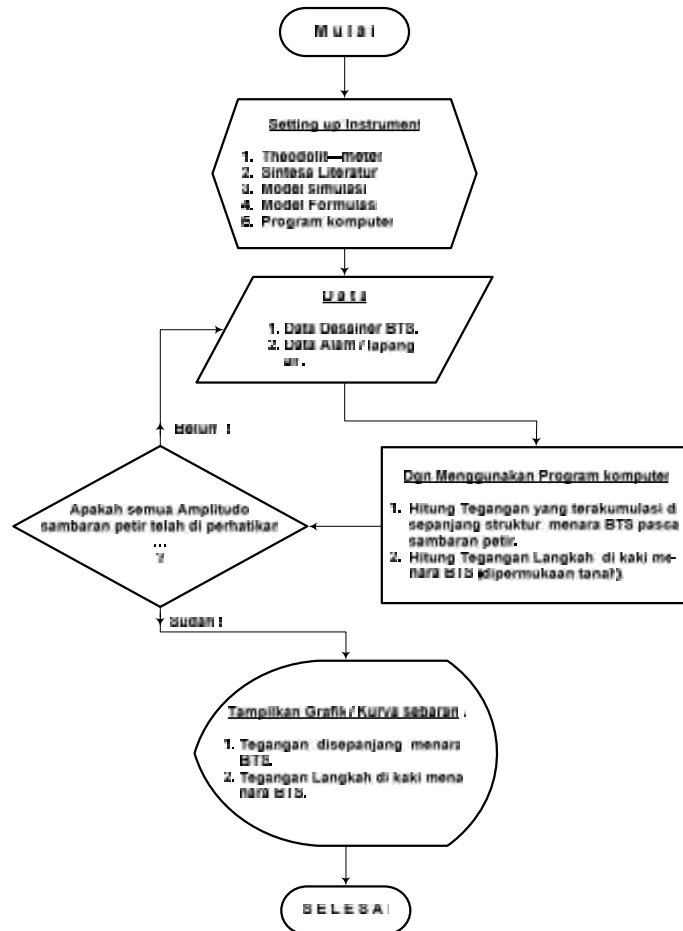
$$V_s \approx \left( \frac{I_p \cdot \rho}{2 \pi} \right) \cdot \left( \frac{s}{ds + s} \right) \left( \frac{s}{ds \cdot ds} \right)$$

ρ = tahanan-jenis tanah (Ω.m) ; s = lebar bentangan kaki seorang manusia (m) ; ds = jarak dari sisi kaki menara BTS dgn objek yang merasakan tegangan langkah Vs da lam satuan mtr, dan Ip = Amplitudo arus petir ketika menyambar puncak menara (Amper). Angkah 0.45 mik ro-detik diperoleh dengan cara sebagai berikut :

Perbandingan kecepatan gelombang elektromagnet dgn cahaya = 0.3 dari kecepatan cahaya sehingga laju kece patan gelombang muatan, qo, dari puncak menara sampai ke kaki menara dapat ditentukan melalui : 0.3 × 300 m/ mikro-detik = 90 meter per mikro-detik karena tinggi menara 40 m, maka waktu yang diperlukan oleh gelom bang muatan qo untuk mencapai kaki menara adalah se besar 40/90 = 0.44 mikrodetik (untuk pertimbangan ke praktisan diambil 0.45 mikro-detik).

**2.3 Diagram Alir Penelitian**

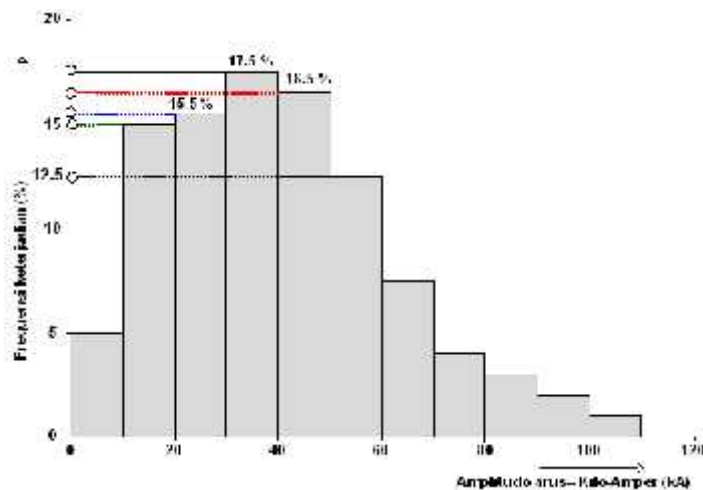
Berikut di bawah ini (Gbr.3) adalah diagram alir (flow chart) secara keseluruhan dari proses analisis perhitung an di dalam penelitian ini. Pada diagram alir ini terlihat capaian tujuan yang akan ditargetkan. Sedangkan untuk variabel bebasnya adalah amplitudo sambaran petir (Is) yang di uji mengikuti alur diagram alirnya dan diuji sam pai dengan pilihan amplitudo arus petir yang ditetapkan yaitu : 10 kA (p = 15 %), 15 kA (p = 15 %), 20 kA (p = 15.5 %), 25 kA (p = 15.5 %), 30 kA (p = 17.5 %), dan amplitudo arus petir sebesar 50 kA (p = 16.5 %) [8].



Gambar : 3 Diagram alir penelitian keseluruhan

**2.4 Analisis Data**

Data distribusi arus petir dengan histogram yang dipilih dan yang digunakan sebagai data *input* pada program komputernya diambil dari [1], tersusun seperti ditunjukkan di bawah ini.



Gambar 4 Frekuensi Histogram Magnitud Arus Patir

Arus sambaran petir hanya diambil sebanyak 6 variasi saja dan disertai dengan tingkat keterjadiannya, sebagaimana ditunjukkan dalam tabel : 3-1,

Tabel : 1 Amplitudo arus petir dan frekuensi Keterjadiannya [1]

No.	Amplitudo Arus Petir (kilo-Amper)	Frequennsi keterjadian (%)
01	10	15
02	15	15
03	20	15.5
04	25	15.5
05	30	17.5
06	50	16.5

Tabel : 2 Data yang diperlukan

No.	Variabel	Nilai	Satuan
01	v	0.3	-
02	c	$3 \times 10^8$	m/ $\mu$ -detik
03	$r_t$	2.4203	meter
04	h	45	meter
05	x	-	-
06	t (waktu tinjauan dalam satuan mikro-detik)	0.025 sd 0.4 . (dgn. $\Delta t =$ 0.025 )	$\mu$ -detik
07	$(z^2 + y^2)^{0.5} = r_s$ Untuk integral Pertama	0	meter
08	$(z^2 + y^2)^{0.5} = r_t$ Untuk integral kedua	2.4203	meter
09	$l_{S11} = 20.00$	65.00	meter
10	$l_{S12} = 27.00$	72.00	meter
11	$l_{S13} = 33.60$	78.60	meter
12	$l_{S14} = 39.70$	84.70	meter
13	$l_{S15} = 45.50$	90.50	meter
14	$l_{S16} = 66.75$	111.75	meter

Catatan :  $l_{S11}$ ,  $l_{S12}$ ,  $l_{S13}$ ,  $l_{S14}$ ,  $l_{S15}$ , dan  $l_{S16}$ . adalah panjang aliran-penghu bung-naik (*upward-streamer*).

### 3. HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

#### 3.1 Sebaran Tegangan Vt pada Struktur Menara

Distribusi tegangan Vt pada struktur menara, tegangan langkah masing masing untuk amplitudo arus petir : 10 kA (p = 15 %), 15 kA (p = 15 %), 20 kA (p = 15.5 %), 25 kA (p = 15.5 %), 30 kA (p = 17.5 %), dan amplitudo arus petir sebesar 50 kA (p = 16.5 %). Mag nitud tegangan Vt naik secara eksponen, dalam bentuk *impulse*, tegangan langkah turun secara invers.

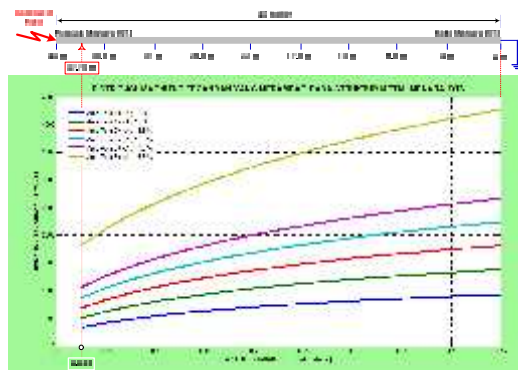
Tabel : 3

Sebaran Tegangan pada Struktur menara BTS ketika terjadi sambaran petir 30 kA  
Probability 17.5 %

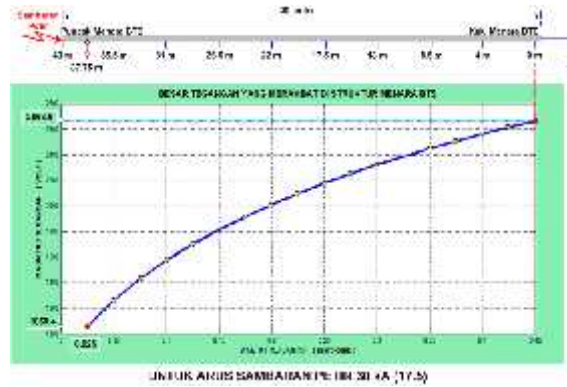
Waktu Tinjauan (t) [ mikro-detik ]	Tegangan pd struktur Menara BTS rata-rata (V) [ VOLT ]
0,025	1059,4818
0,05	1289,8982
0,075	1431,9864
0,1	1579,2242
0,125	1701,3415
0,15	1814,2666
0,175	1916,0070
0,2	2010,6037
0,225	2098,0688
0,25	2179,1148
0,275	2254,7189
0,3	2322,4828
0,325	2384,9864
0,35	2442,5008
0,375	2506,7687
0,4	2561,8168
0,425	2614,0170
0,45	2662,6147

Sebaran Tegangan pada Struktur menara BTS ketika terjadi sambaran petir 50 kA  
Probability 14.5 %

Waktu Tinjauan (t) [ mikro-detik ]	Tegangan pd struktur Menara BTS rata-rata (V) [ VOLT ]
0,025	1827,8896
0,05	2126,0458
0,075	2370,1189
0,1	2582,109
0,125	2771,9406
0,15	2942,782
0,175	3090,0101
0,2	3242,7069
0,225	3376,3423
0,25	3500,4297
0,275	3617,4298
0,3	3726,8856
0,325	3830,2961
0,35	3928,1358
0,375	4020,3275
0,4	4109,1185
0,425	4193,1062
0,45	4273,2844



Gambar 5 Vt Versus Ip (Amplitudo Petir)



(a)

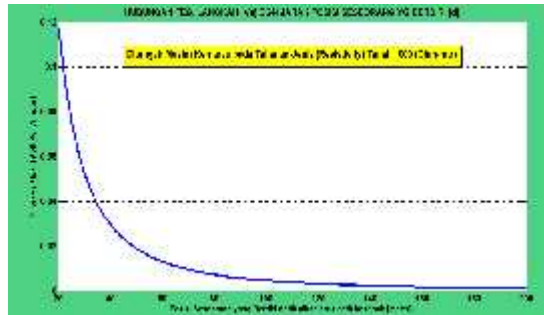


(b)

Gambar 6 Vt Versus Ip (Amplitudo Petir)

3.3 Sebaran Tegangan Langkah (Vs)

Sebaran tegangan langkah dipertengahan musim kema rau ditunjukan Gbr. 7



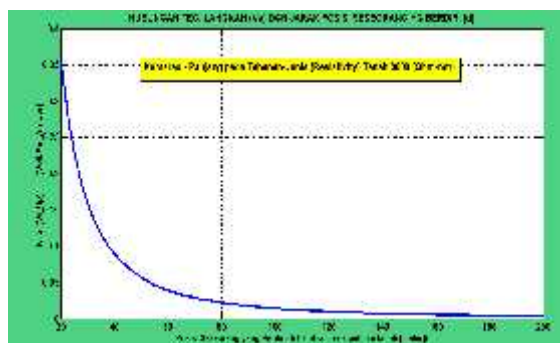
Gambar 7 Sebaran Tegangan Langkah

Tabel : 4

Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tahapan Jenis Tanah 1 000 (Dhru-meter)			Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tahapan Jenis Tanah 1 000 (Dhru-meter)		
No.	Vs per 1 [ Volt/Amp ]	Jarak Posisi Seawang dari titik Arus Petir yang masuk ke dalam Bumi [ m ]	No.	Vs per 1 [ Volt/Amp ]	Jarak Posisi Seawang dari titik Arus Petir yang masuk ke dalam Bumi [ m ]
1	0.11760217	20.000	21	0.03970290	70.000
2	0.03077927	22.500	22	0.03846622	72.500
3	0.07548855	25.000	23	0.03845445	75.000
4	0.02265452	27.500	24	0.03791881	77.500
5	0.05252638	30.000	25	0.03743282	80.000
6	0.04479932	32.500	26	0.03686968	82.500
7	0.03864547	35.000	27	0.03635827	85.000
8	0.03588759	37.500	28	0.03581497	87.500
9	0.02961945	40.000	29	0.03527934	90.000
10	0.02634873	42.500	30	0.03476627	92.500
11	0.02432934	45.000	31	0.03427381	95.000
12	0.02102995	47.500	32	0.03380725	97.500
13	0.01886489	50.000	33	0.03336937	100.000
14	0.01722450	52.500	34	0.03295133	102.500
15	0.01588623	55.000	35	0.03255181	105.000
16	0.01473623	57.500	36	0.03216916	107.500
17	0.01374993	60.000	37	0.03180326	110.000
18	0.01281647	62.500	38	0.03145323	112.500
19	0.01192492	65.000	39	0.03111892	115.000
20	0.01107297	67.500	40	0.03079952	117.500

Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tahapan Jenis Tanah 1 000 (Dhru-meter)			Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tahapan Jenis Tanah 1 000 (Dhru-meter)		
No.	Vs per 1 [ Volt/Amp ]	Jarak Posisi Seawang dari titik Arus Petir yang masuk ke dalam Bumi [ m ]	No.	Vs per 1 [ Volt/Amp ]	Jarak Posisi Seawang dari titik Arus Petir yang masuk ke dalam Bumi [ m ]
41	0.00330746	130.000	61	0.03164822	170.000
42	0.00317456	132.500	62	0.03148100	172.500
43	0.00304846	135.000	63	0.03131866	175.000
44	0.00292822	137.500	64	0.03116129	177.500
45	0.00281173	140.000	65	0.03100880	180.000
46	0.00269748	142.500	66	0.03086121	182.500
47	0.00258403	145.000	67	0.03071852	185.000
48	0.00247194	147.500	68	0.03058075	187.500
49	0.00236064	150.000	69	0.03044793	190.000
50	0.00225068	152.500	70	0.03032008	192.500
51	0.00214162	155.000	71	0.03019723	195.000
52	0.00203306	157.500	72	0.03007942	197.500
53	0.00192450	160.000	73	0.02996660	200.000
54	0.00181643	162.500	74	0.02985881	202.500
55	0.00170835	165.000	75	0.02975600	205.000
56	0.00160071	167.500	76	0.02965815	207.500
57	0.00149301	170.000	77	0.02956522	210.000
58	0.00138573	172.500	78	0.02947727	212.500
59	0.00127835	175.000	79	0.02939427	215.000
60	0.00117137	177.500	80	0.02931620	217.500



Gambar 8 Tegangan langkah di ujung kemarau masuk musim penghujan pertama kali  
Dampak Sambaran Petir pada menara Tiang Base Transreceiver Station (BTS) (Budi Utama)



Tabel 5

1a) Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tabrakan Jenis Tanah 3.000 (Ohm-meter)			3a) Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tabrakan Jenis Tanah 3.000 (Ohm-meter)		
No.	V <sub>u</sub> per I [Volt / Amp]	Jarak Puncak Seseorang dari Titik Arus Petir yang Masuk ke dalam Bumi (m)	No.	V <sub>u</sub> per I [Volt / Amp]	Jarak Puncak Seseorang dari Titik Arus Petir yang Masuk ke dalam Bumi (m)
1	0.30290407	10.000	21	0.02910779	70.000
2	0.27921520	22.500	22	0.02712886	72.500
3	0.25646253	35.000	23	0.02506334	75.000
4	0.16736397	27.500	24	0.02275644	77.500
5	0.15757915	30.000	25	0.02229755	80.000
6	0.13437097	32.500	26	0.02069603	82.500
7	0.11925491	35.000	27	0.01910700	85.000
8	0.10102075	37.500	28	0.01864480	87.500
9	0.08885822	40.000	29	0.01762913	90.000
10	0.07874620	42.500	30	0.01660680	92.500
11	0.07036706	45.000	31	0.01582144	95.000
12	0.06308718	47.500	32	0.01502170	97.500
13	0.04615406	50.000	33	0.01428110	100.000
14	0.05147368	52.500	34	0.01359398	102.888
15	0.04709508	55.000	35	0.01295523	105.000
16	0.04309698	57.500	36	0.01236948	107.500
17	0.03979978	60.000	37	0.01183077	110.000
18	0.03682413	62.500	38	0.01132754	112.500
19	0.03314107	65.000	39	0.01083028	115.000
20	0.03128891	67.500	40	0.01034895	117.500

1c) Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tabrakan Jenis Tanah 3.000 (Ohm-meter)			1d) Nilai Tegangan Langkah per Amplitudo Petir untuk Tabrakan Jenis Tanah 3.000 (Ohm-meter)		
No.	V <sub>u</sub> per I [Volt / Amp]	Jarak Puncak Seseorang dari Titik Arus Petir yang Masuk ke dalam Bumi (m)	No.	V <sub>u</sub> per I [Volt / Amp]	Jarak Puncak Seseorang dari Titik Arus Petir yang Masuk ke dalam Bumi (m)
41	0.00992238	120.000	61	0.00484759	170.000
42	0.00952338	122.500	62	0.00489580	172.500
43	0.00914538	125.000	63	0.00486920	175.000
44	0.00879888	127.500	64	0.00484817	177.500
45	0.00847419	130.000	65	0.00484173	180.000
46	0.00816848	132.500	66	0.00482932	182.500
47	0.00788238	135.000	67	0.00481785	185.000
48	0.00761088	137.500	68	0.00480750	187.500
49	0.00735311	140.000	69	0.00479710	190.000
50	0.00710914	142.500	70	0.00478685	192.500
51	0.00687872	145.000	71	0.00477671	195.000
52	0.00665767	147.500	72	0.00476665	197.500
53	0.00644549	150.000	73	0.00475672	200.000
54	0.00624298	152.500	74	0.00474690	202.500
55	0.00604988	155.000	75	0.00473725	205.000
56	0.00586575	157.500	76	0.00472775	207.500
57	0.00569002	160.000	77	0.00471840	210.000
58	0.00552144	162.500	78	0.00470919	212.500
59	0.00535977	165.000	79	0.00469999	215.000
60	0.00520461	167.500	80	0.00469079	217.500

**3.4 Sebaran Tegangan Langkah di Balai Pedukuhan Mendak, Desa Girisekar, Gn. Kidul.**

Gambar : 8 dan Tabel : 6 menunjukkan tegangan langkah yang muncul di permukaan tanah dimana ‘Balai Pedukuhan Mendak’ (BPM) berada. Saat diujung akhir musim kemarau, masuk musim hujan (hujan pertama kali di pengujung kemarau). Pada kolom 6, 8, 10, dan kolom 12 tabel : 6 masing masing bersesuaian dengan kurva biru muda, kurva merah, kurva warna hijau, dan kurva warna biru pada Gbr. 8. Gambar : 8 menunjukkan bahwa ketika terjadi hujan pertama kali diujung kemarau pada jarak 25 meter dari poros menara BTS tegangan langkah yang muncul adalah : 755 Volt, 1132 Volt, 1510 Volt, 1887 Volt, 2265 Volt, dan 3774 Volt masing masing untuk arus sambaran petir : 10 kA, 15 kA, 20 kA, 25 kA, 30 kA, dan 50 kA. Jarak antara 20 meter sd 32.5 meter merupakan kawasan tanah yang di atasnya ada bangunan balai Pedukuhan Mendak. Dengan cara yang sama juga dapat diperoleh untuk jarak yang lainnya. Pada tabel : 6 diperoleh bahwa BPM masuk pada zona yang permukaan tanahnya riskan/rawan terhadap tegangan langkah yang disebabkan oleh sambaran petir di puncak menara BTS. Zona yang teraman terhadap sambaran petir yang menyebarkan tegangan langkah adalah pada jarak 200 meter dari menara BTS. Sedangkan untuk jarak sejauh 20 meter dan 22.50 meter, angka investigasi masih terkait pada tabel 6, kolom 1 dan kolom 3, menunjukkan angka-angka maksimum tegangan langkah yang terjadi di atas permukaan tanah yang dilindungi oleh struktur bangunan Balai Pedukuhan Mendak (BPM). Kurva kenaikan nilai tegangan langkahnya masih mengikuti sifat linear sebagaimana sifat kurva yang lainnya. Gambar 9 menunjukkan sebaran tegangan langkah untuk jarak sejauh 20 meter dan 22.50 meter dari titik poros menara Base Transceiver Station (BTS) yang berada di pedukuhan an/dusun Mendak, desa Girisekar, Kec. Panggang, Kab. Gunung-Kidul Yogyakarta.

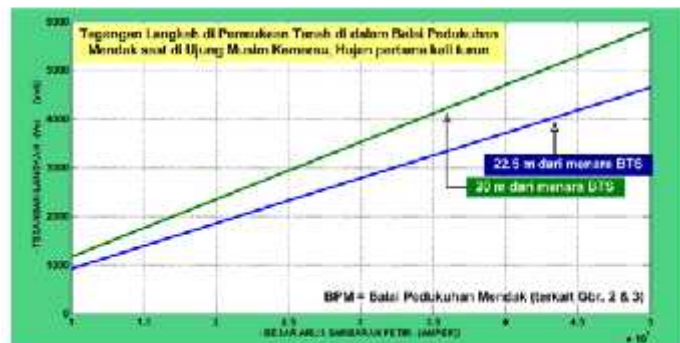


Gambar : 8  
Tegangan Langkah Versus Arus Sambaran Petir

Tabel : 8  
Sebaran Tegangan Langkah di Balai Podukuhua Mendak

Untuk Jarak dari Titik Sambaran Petir (m)												
Arus Petir (kA)	20 meter		22.5 meter		25 meter		27.5 meter		30 meter			
	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0		
10	1176	3528	931	2792	755	2265	628.5	1874	525.3	1576	462.8	1344
15	1764	5292	1396	4188	1132	3397	896.8	2810	787.9	2364	671.8	2016
20	2352	7056	1861	5584	1510	4529	1149	3747	1050	3152	895.8	2687
25	2940	8820	2327	6980	1887	5662	1561	4684	1313	3939	1110	3359
30	3528	10584	2792	8377	2265	6794	1874	5671	1576	4727	1344	4051
50	5880	17640	4654	13961	3724	11223	3123	9368	2626	7879	2238	6718

Lihat Gambar : 8  
■ Kurva biru muda ■ Kurva merah ■ Kurva Warna Hijau ■ Kurva Warna Biru



Gambar : 9  
Tegangan Langkah Versus Arus Sambaran Petir

**4. KESIMPULAN**

Setelah melakukan analisis dampak sambaran petir pada puncak menara *Base Transceiver Station* (BTS) melalui simulasi komputer dengan menggunakan amplitudo petir 10 kA, 15 kA, 20 kA, 25 kA, 30 kA, dan 50 kA maka dapat disimpulkan beberapa *point* :

1. Gelombang Tegangan *impulse* pascasambaran petir di puncak menara BTS merambat pada struktur menara sampai ke kaki menara mempunyai keteraturan secara eksponensial
2. Perubahan tegangan yang terjadi di dalam struktur menara baja BTS disetiap segmen per mikro-detik dapat diketahui.
3. Melalui butir dua di atas maka proses perletakan piranti antenna dapat diatur guna menghindari zona *stressing* tegangan listrik tertentu yang dapat membahayakan semua piranti antenna yang terpasang di struktur menara.
4. Tegangan langkah yang menyebar di sekeliling menara secara radial sangat amat bergantung pada kondisi angka *resistivity* tanah.
5. Tegangan langkah akan membesar apabila komposisi tanah sangat kering dan berbatu.
6. Penyebaran tegangan langkah bergerak secara radial, dan mempunyai kurva yang sangat invers antara magnitud tegangan langkah dan jarak posisi objek yang besar tegangan langkahnya yang akan dihitung.

**Saran**

*Dampak Sambaran Petir pada menara Tiang Base Transreceiver Station (BTS) (Budi Utama)*

1. Pemasangan piranti (*device*) antena yang sering dicantelkan ke struktur menara sebaiknya menggunakan material *insulation* yang mempunyai kemampuan isolasi memadai terhadap sebaran tegangan ( $V_t$ ) di dalam struktur menara, sehingga dapat terhindar dari fenomena kerusakan yang disebabkan oleh 'lewat de nyar balik' (*back flashover*) bahkan 'tembus listrik' (*breakdown*) sekalipun.
2. Gunakan *lightning rod* dan prosedur pemasangannya melalui standard yang direkomendasikan oleh lembaga yang sah.
3. Evaluasi rutin pada sistem pentanahan (terutama masuk kemusim kemarau)

#### DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] Anderson, JG., 1961. "*Monte Carlo Computer Calculation of Transmission Line Lightning Performance*", AIEE Transaction Part III, Vol. 80, p. 414-420, 1961.
- [2] Chowdhuri, P., 1991, "*Response of Overhead Lines of Finite Length to Nearby Lightning Stroke*", IEEE Transactions on Power Delivery, DOI : 10.1109/61.103757, Vol. 6, No. 1, p. 343 -351, Center For Electric Power Tennessee Technological University Cookeville, (TE) – United State of America (USA).<https://ieeexplore.ieee.org/document/103757/>
- [3] Eriksson, AJ., String fellow, MF., Meal, DV., 1982, "*Lightning Induced Overvoltages on Overhead Distribution Lines*", Vol. PAS-101, No.04, April, IEEE Transactions on Power Apparatus and System IEEE PES Summer Meeting, Portland, Oregon, (OR), United State of America (USA).
- [4] Gonen, T., "*Modern Power System Analysis*", Singapo re : John Wiley & Sons Ltd. 1988 : p.198.
- [5] Koziorowska A, Romerowicz-Misielak M, Sołek P, Koziorowski M., 2018, "*Extremely low frequency variable electromagnetic fields affect cancer and noncancerous cells in vitro differently : Preliminary Study*", US National Library of Medicine Institutes of Health, The National Center for Biotechnology Information (NCBI), Electromagn Biol Med. 2018 ; 37(1):35-42.,DOI : 10.1080/15368378.2017.1408021 Epub 2018 Mar 7.
- [6] Liew. AC., & Darveniza. M., 1971., "*A Sensitivity Analysis of Lightning Performance Calculations for Transmission Lines*", The IEEE Summer Power Meeting and EHV Conference, The IEEE Transmission & Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society, DOI :10.1109/TPAS.1971.293128, July 12-17, p. 1443 - 1451, Los Angeles, California (CA) – United State of America (USA).
- [7] Shahbazi-Gahrouei D, Karbalae M, Moradi HA, Baradaran-Ghahfarokhi M., 2014, "*Health effects of living near mobile phone Base Transceiver Sstation (BTS) antennae : a report from Isfahan, Iran*", US National Library of Medicine Institutes of Health, The National Center for Biotechnology Information (NCBI) Electromagn Biol Med 2014 Sep ; 33(3) : 206 - 10. DOI : 10.3109/15368378. 2013.80 13 52., Epub 2013 Jun 19.
- [8] Utama, B., 2016, "*Zona Perlindungan Petir pada Gedung E Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STTNAS) Yogyakarta Pascapembangunan Struktur Menara Lift-Frame*", P3M-STTNAS Yogyakarta, Nomor : 1602.a/STTNAS/ST-LIT/VI/2016 Yogyakarta Indonesia (INA).
- [9] Utama, B., 2017., "*Potensi Bahaya & Dampak Sambaran Petir pada Menara Tiang Vertikal Tinggi*", P3M-STTNAS Yogyakarta, Nomor :1608.d/STTNAS /ST-DSN/VII/2017, Yogyakarta Indonesia (INA)