

# PENGGUNAAN *CHARGE TRANSFER SYSTEM* (CTS) UNTUK MEREDUKSIFILDAAN LISTRIK PERMUKAAN BUMI DAN MENGURANGI SAMBARAN PETIR LANGSUNG STRUKTUR *TOWER* ANTENA JENIS VERTIKAL

*Budi Utama.*

*Tenaga edukatif pada jurusan teknik elektro STTNAS Yogyakarta*  
*Tlp. Rumah : 0274 886783 Tlp. Kantor : 0274 485390 HP : 08 1313 9999 53*  
*Email : [budiutamaduautama@gmail.com](mailto:budiutamaduautama@gmail.com)*

## Abstrak

Telah dikerjakan suatu simulasi komputer untuk mengetahui tingkat pengurangan intensitas ‘medan listrik total’ (E<sub>pb</sub>) ketika ter- jadi kanal ‘lidah lompat’ (*stepped leader*) petir di puncak *tower* antenna penerima/pemancar PT ANTEVE yang dipasang dengan *Charge Transfer System* (CTS). Juga diamati pengaruh penggunaan CTS dengan jumlah elektroda titik yang bervariasi (dari satu elektroda titik sampai dengan 10 000 buah elektroda titik) terhadap intensitas medan listrik yang ditimbulkan oleh lidah lompat pada variasi ‘ketinggian’ (H<sub>SL</sub> atau H<sub>sl</sub>), saat perambatannya menuju permukaan bumi. Objek sampel penelitian terdiri dari sebuah *Charge Transfer System* (CTS) yang berbentuk ‘donat’, terdiri tidak kurang 500 sampai 800 helai kawat halus (sebagai elektroda titik/jarum ) dengan ujung runcing dan panjang sekitar 30 cm sampai 46 cm. Diameter donat lebih kurang 3 meter. CTS ini diletakan di puncak menara antenna PT ANTEVE di dusun Bukit Patuk, desa Ngoro-oro, Gunung Kidul – Yogyakarta. Hasil penelitian simulasi ini menunjukkan bahwa *Charge Transfer System* (CTS) yang diletakan dipuncak menara antenna penerima/pemancar milik PT ANTEVE dengan jumlah elektroda titik sebanyak 800 buah mampu mengurangi intensitas medan listrik sebesar 215 kV/m (43 %) terhadap medan listrik *breakdown* (500 kV/m) antara celah CTS dan lidah lompat. Disisi lain juga terungkap bahwa penggunaan secara bersama sama antara CTS dan proteksi *lightning rod* dapat membuat pelepasan/peluahan (*discharge*) muatan pada lidah lompat petir ke ujung *lightning rod* dengan amplitudo impulskecil.

Kata Kunci : *Charge Transfer System* (CTS), Petir, Struktur, *Tower* Antena

## 1. Latar Belakang

Kawasan Indonesia termasuk kawasan dengan tingkat kepadatan (*density*) sambaran petir yang tinggi dengan kisaran angka *isokeraunic level* (IKL) antara 60 sampai dengan 125. Kawasan yang mempunyai angka IKL ter- tinggi jatuh pada kota Bogor – Jawa Barat dengan IKL = 120. Potensi terjadinya petir di Indonesia sangat tinggi. Indonesia terletak pada khatulistiwa yang mempunyai hari guruh (petir) sangat tinggi dengan aktivitas 100 sampai 200 hari guruh per tahun, demikian dikatakan oleh pakar petir dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Reynaldo Zoro (juga sebagai Ketua Pusat Penelitian Petir Institut Teknologi Bandung), dalam seminar mengenai petir yang diselenggarakan oleh Pertamina Refinery Unit (RU) IV Cilacap bersama PT Aditech Matra di Cilacap, Senin 31 Oktober 2011.

Bahaya sambaran petir adalah tingkat (*level*) angka medan listrik atau gradien tegangan yang teradiasi secara elektromagnetik disekitar kanal petirnya. Potensi pengerusakannya juga sangat berdampak besar. Pascasambaran petir ke suatu struktur akan memunculkan tegangan lebih yang cukup sangat tinggi yang beraktualisasi sebagai gelombangtegangandan arus yang merambat pada

struktur dalam bentuk impuls (*im- pulse*). Satu diantara banyak cara untuk mengurangi atau meurunkan angka intensitas gradien tegangan yang ditim- bulkan oleh petir dan awan petir ini adalah dengan menggunakan *Charge Transfer System* (CTS) sebagai proteksi tambahan setelah pemasangan proteksi petir jenis batang vertikal (*lightning rod*) yang dipasangkan pada puncak struktur yang dilindungi. Solusi yang dikerjakan melalui metoda pemodelan *cell* awan petir dan beberapa rumusan fisiknya [2] dengan bantuan komputer sebagai simulator melalui sistematika : tujuan dan manfaat, metoda yang digunakan diagram alur pemecahan permasalahan, hasil dalam bentuk grafik/kurva medan listrik versus ketinggian lidah lompat (*Stepped leader*) petir.

### 1.1 Deskripsi mengenai *Charge Transfer System*

*Charge Transfer System* (CTS) merupakan sebuah sistem yang bertujuan untuk menghindari pemunculan suatu pelepasan sambaran petir dengan magnitud impuls yang sangat tinggi di dalam kawasan yang dilindungi. *Charge Transfer System* berpotensi untuk mengoleksi/ menumpulkan/ menghimpun muatan yang terinduksi oleh awan-badai petir (*thunderstorm*) dari suatu

desain area permukaan bumi yang diproteksi dan mentransfer muatan ini melalui *ionizer* ke dalam udara sekitarnya. Proses ketika sebuah titik yang tajam/runcing dibenamkan di dalam medan elektrostatik yang mentransfer muatan dari *ionizer* ke dalam udara ini dikenal sebagai peluahan titik (*point discharge*). *Ionizer* adalah unit yang mengubah atom netral menjadi atom yang bermuatan negatif atau atom yang bermuatan positif. Ini merupakan suatu proses perubahan sebuah atom menjadi termuati (muatan listrik).

Bentuk *Charge Transfer System* (CTS) ini dapat berupa susunan kerangka (*frame*) yang mempunyai beberapa pola, ada yang berbentuk melingkar, setengah lingkaran, setengah bola atau berbentuk payung. Beberapa bentuk CTS ini dikenal dengan nama *Spline Ball Ionizer* (SBI), *Spline Ball Terminal* (SBT), dan *ion plasmagenerator* (IPG) – ketiga jenis ini dirancang untuk mempertinggi kemampuan proteksi petir jenis *lightning rod* dalam mengoleksi beberapa bentuk sambaran petir yang menuju ke tanah. Sejarah *Charge Transfer System* (CTS) dimulai pada tahun 1930, saat itu pekerja ladang minyak California Selatan sudah mematenkan konsep aslinya. Pada tahun 1971, Roy B. Carpenter Jr memperoleh (hak) patennya saat bekerja untuk angkatan udara Amerika Serikat (*United States Air Force*, USAF). Carpenter adalah kepala teknisi (*Chief Engineer*) untuk tim pen-desain pesawat luar angkasa (*space shuttle*) pertama. Setelah meninggalkan pekerjaannya di USAF beliau mengembangkan patennya ke dalam bentuk *dissipation array system* (DAS). Tidak sampai di awal tahun 1990-an teori dibalik DAS ini maju dan berkembang menjadi CTS yang tersedia hingga saat ini. Saat ini *Charge Transfer System* menerima perhatian luar negeri [1].

Dua universitas Rusia, Institut Fisika Moskwa dan Teknologi serta *Krzhozhanovsy Power Engineering Institute* melakukan penelitian yang luas pada CTS ini, bersama dengan negara Jepang. Dua perusahaan listrik di Jepang, Hitachi dan NEC, juga terlibat dalam dukungan, penelitian, dan penjualan sistem ini. Beberapa negara Asia Tenggara, termasuk Indonesia, Singapura, dan Malaysia, menggunakan CTS. Penggunaan terbesar *Charge Transfer System*, di luar Amerika Serikat adalah Venezuela [1]. Menara antenna untuk audio dan video stasiun PT ANTEVE yg berlokasi di desa Ngoro-Oro, Bukit Patuk, Gunung Kidul–Yogyakarta menggunakan CTS berbentuk seperti roti donat.

## 1.2 Lokasi dan Kondisi Klimatologi (*climatology*)

Klimatologi adalah studi tentang iklim, secara ilmiah didefinisikan sebagai kondisi cuaca rata-rata selama periode waktu. Iklim di kawasan Yogyakarta dan sekitarnya mempunyai level yang sama pada iklim beberapa daerah di kawasan Indonesia barat, tengah, dan Indonesia timur. Di desa Ngoro Oro, rata-rata suhu bergerak pada margin angka 23° C sampai dengan 31° C dengan angka kelembaban 63

sampai dengan 84 pada 04 Agustus 2014. Angka ini tidak berbeda jauh untuk hari-hari yang lainnya walaupun kondisi cuaca hujan, berawan ataupun cerah [2].

Menara antenna ANTEVE dilokasikan di atas bukit Patuk, desa Ngoro-oro yang pada waktu musim penghujan frekuensi terjadi petir sangat berpotensi untuk merusak peralatan pada piranti elektroniknya. Kawasan desa Ngoro Oro adalah kawasan yang termasuk berbukit-bukit dimana kontur tanah berupa campuran perbukitan cadas dan tanah. Menara yang menyangga antenna dan kabel *coaxial* terletak disebelah tenggara ( $\pm 22.3$  km) dari pusat kota Yogyakarta, dan berada 420 meter di atas level permukaan laut dengan posisi geometris 110° 31' 36" lintang selatan dan 7° bujur timur. Tempat ini sangat ideal untuk menempatkan beberapa stasiun penerima dan penguatan sinyal televisi, kemudian dipancarkan kembali ke kawasan kota Yogyakarta yang secara geografis terletak dilembah/bawah bukitnya. Menara antenna ini mempunyai ketinggian vertikal ke atas setinggi 100 meter dengan lokasi di puncak bukit sehingga sangat rawan sekali terhadap sambaran petir langsung maupun dampak sambaran induksi walaupun angka level *isokraunic*-nya (IKL) termasuk rendah dibandingkan dengan kota Bogor Jawa Barat. Resistansi pentanahan untuk sistem pentanahan yang baik sulit dicapai karena jenis tanah kapur ditambah dengan ketinggian bukitnya, jadi untuk mendapatkan titik air di bawah tanah sulit dicapai.

## 2. Tujuan dan Manfa'at Penelitian

Penelitian (simulasi) ini mencoba mengungkapkan dan mengetahui seberapa jauh hubungan antara posisi ketinggian perjalanan lidah lompat, Hsl, (*stepped leader*) yang menuju ke permukaan bumi dan nilai angka gradien tegangan, E<sub>pb</sub>, setelah pemasangan *charge transfer system* (CTS) di atas puncak menara antenna. Dengan pemasangan hubungan antara ketinggian posisi lidah lompat (*stepped leader*) dengan permukaan bumi, maka keefektifitasan penggunaan CTS dapat diketahui, demikian juga nilai total medan listrik pada permukaan bumi juga dapat ditentukan melalui sebuah persamaan empiris.

Kemudian, manfaat dari penelitian ini adalah dapat memasang CTS ini pada menara menara komunikasi yang lainnya karena CTS mampu mengurangi medan listrik disekitar titik puncak menara sehingga sambaran petir yang menghantam puncak menara tidak sampai dengan peluahan muatan listrik secara besar-besaran sehingga mengurangi kerusakan fisik dari semua komponen komponen telekomunikasi yang berada di puncak menara maupun yang berada di bagian bawah (dasar) menara antenna dimana banyak terdapat komponen komponen piranti (*device*) elektronika.

### 3. Metoda

Pelaksanaan penelitian ini dikerjakan melalui beberapa tahapan. Tahapan yang dimaksud antara lain menentukan model persamaan yang paling mungkin mendekati dengan fenomena fisika yang ditimbulkan oleh sebuah sambaran petir berserta lidah lompatnya (*stepped leader*). Metoda pemodelan (*modelling*) dan simulasi yang disertai beberapa perhitungan dengan metoda iterasi dikerjakan dalam penelitian ini.

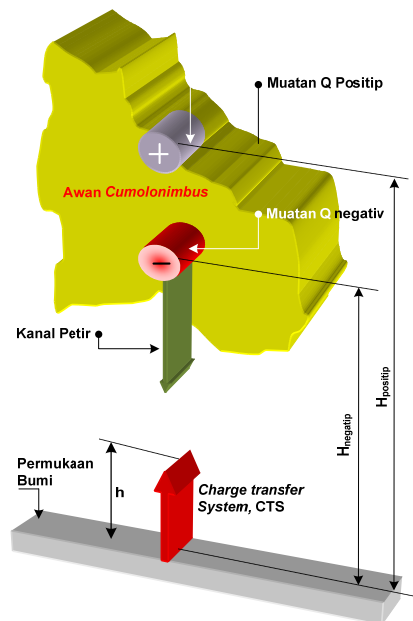
#### 3.1 Model Cell Awan Petir (Thundercloud Cell)

Model sebuah *cell* awan petir (*thundercloud*) yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian simulasi ini dipresentasikan dengan sebuah dwikutub (*dipole*) dengan bagian sebelah bawah (dasar) awan dimuati dengan muatan negatif dan bagian sebelah atas awan bermuatan positif [2].

Biasanya suatu model *cell* awan petir juga memasukkan muatan positif lokal yang dilokasikan pada jarak di bawah awan. Untuk kesederhanaan perhitungan maka muatan ini diabaikan dan dimodelkan seperti pada gambar : 1 di bawah ini. Data tentang muatan listrik di dalam *cell* awan petir juga ditunjukkan di dalam tabel : 1.

#### 3.2 Interaksi antara Kanal Petir dan CTS

Besar medan listrik keseluruhan pada permukaan bumi dihitung menurut persamaan [2]:



Gambar : 1 Model Sebuah Cell Awan Petir [2]

$$E_T = -E_{+Q} + E_{-Q} + E_{SL} - \Delta E_{-Q} - E_{CTS} \quad (1)$$

$E_{+Q}$  = Komponen medan listrik yang dihasilkan oleh muatan positif *cell* awan petir dalam satuan (kV/m).

$E_{-Q}$  = Komponen medan listrik yang dihasilkan oleh muatan negatif *cell* awan petir dalam satuan (kV/m).

$E_{CTS}$  = Komponen medan listrik yang dihasilkan oleh muatan ruang untuk CTS, dgn satuan (kV/m).

Persamaan umum yang digunakan untuk menghitung komponen medan listrik total yang terdiri dari :  $E_{-Q}$ ,  $E_{+Q}$ , ( $\Delta E_{-Q}$ ), dan komponen ( $E_{CTS}$ ) adalah sebagai berikut,

$$E = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot H^2} \text{ (kV/m)} \quad (2)$$

$Q$  = muatan dalam satuan (Coulomb) ;  $H$  = ketinggian posisi muatan  $Q$  dalam satuan (meter) ;  $(1/4\pi\epsilon_0) = 9 \times 10^6$ .

Komponen medan listrik ekuivalen, ESL, dihasilkan oleh lidah lompat (*stepped leader*) petir pada posisi yang diberikan, dihitung menurut persamaan (3) seperti di bawah ini [2],

$$E_{SL} = \left(\frac{\rho}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot \left(\frac{1}{(H_{-Q} - vt)} - \frac{1}{H_{-Q}}\right) \text{ (kV/m)} \quad (3)$$

$\rho$  = kerapatan muatan pada lidah lompat (C/m)

$H_{-Q}$  = ketinggian muatan negatif (m)

$v$  = kecepatan perambatan lidah lompat (m/detik)

$t$  = waktu gerakan lidah lompat (detik).

Tabel : 1

Data rata rata cell awan petir (*thundercloud cell*) [2]

Negara	+ Q (C)	Ketinggian Awan Positif $H_{pos}$ (m)	-Q (C)	Ketinggian Awan Negatif $H_{neg}$ (m)
Afrika-Selatan	+ 40	10 000	- 40	5 000
England	+ 24	6 000	- 20	3 000
J a p a n	+ 120	8 500	- 120	6 000

Pengurangan muatan negatif,  $Q$ , disebabkan oleh lidah lompat dihitung sebagai berikut [2],

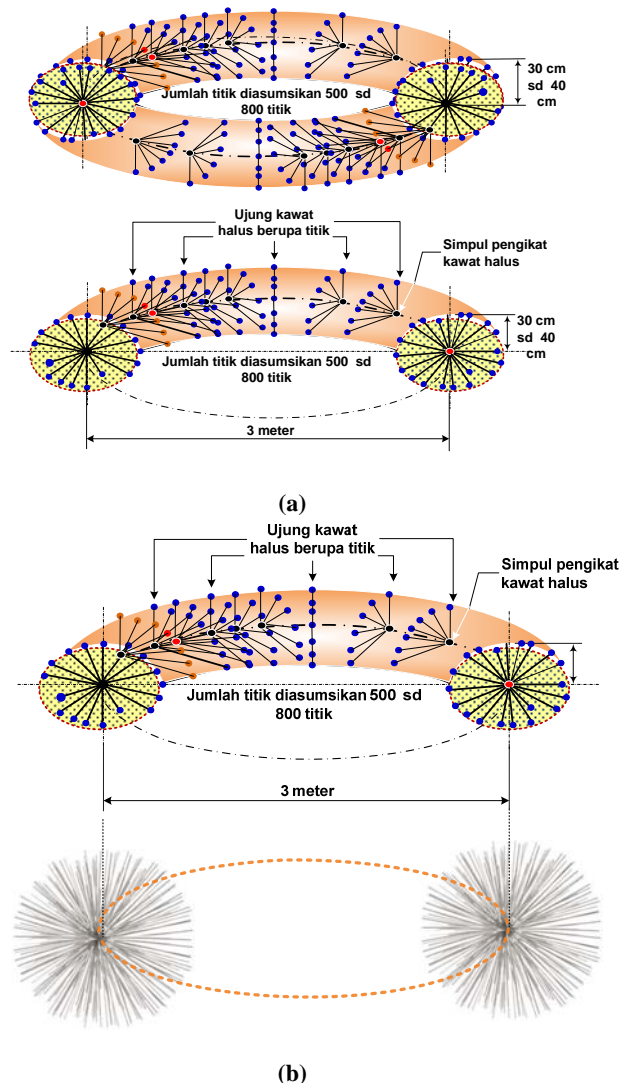
$$\Delta Q = \rho \cdot v \cdot t \quad \text{(Coulomb)} \quad (4)$$

Perhitungan dikerjakan dengan langkah iterasi sama dengan 1 meter perambatan untuk lidah lompat. Pada langkah awal proses terjadi petir medan listrik pada level permukaan bumi yang dihasilkan oleh muatan muatan di dalam awan petir (*thundercloud*) dihitung terlebih dahulu. Nilai medan listrik ini digunakan untuk menghitung arus *ion* awal dari CTS. Muatan ruang yang dihasilkan

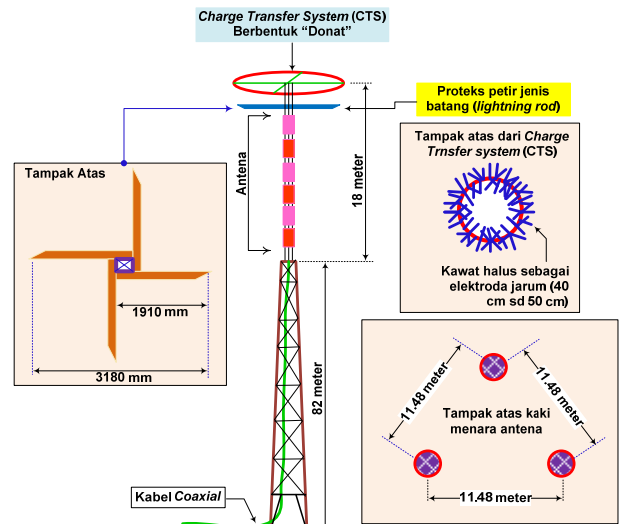
oleh CTS dihitung sebagai suatu perkalian arus *ion* dan durasi langkahnya (panjang langkah dibagi ke dalam kecepatan perambatan lidah lompat petir).

### 3.3 Subjek Penelitian

Subjek penelitian berupa suatu bangun CTS yang berbentuk melingkar seperti roti donat.



**Gambar : 2**  
**Model Charge Transfer System (CTS) yang berbentuk donat dengan jumlah titik elektroda jarum 800 buah titik**



**Gambar : 3**  
**Charge Transfer System (CTS) berbentuk 'Donat' yang diletakan di Puncak Menara (Tower) Antena [4]**

#### 3.3.1 Jumlah Elektroda Titik pada Charge Transfer System (CTS)

Perhitungan interaksi antara kanal petir dan Charge Transfer System (CTS) dikerjakan untuk elektroda jarum titik tunggal (*single point*), yakni berupa lightning rod dan untuk sejumlah titik, mulai dari 100 sampai dengan 10.000 titik (elektroda jarum). Charge Transfer System yang digunakan oleh PT ANTEVE yang berlokasi di dusun Se-pat, desa Ngoro-oro, Kec Bukit Patuk, Gn Kidul – Yogyakarta adalah berbentuk sebagai mana ditunjukkan pada gambar : 2 dan gambar : 3. Jumlah titik (ujung kawat halusnya, melingkar membentuk donat) diasumsikan berkisar antara 500 titik ujung kawat halus sampai dengan 800 titik ujung kawat halus. Setiap titiknya menimbulkan medan listrik yang dinotasikan sebagai  $E_{CTS}$  dengan satuan (kV/m).

#### 3.3.2 Medan Listrik dipermukaan Bumi

Total medan listrik pada level permukaan bumi setelah pemasangan CTS dihitung melalui persamaan (1). Pada persamaan (1) komponen medan listrik yang dihasilkan oleh muatan positif dan negatif pada *cell* awan petir dihitung melalui data muatan awan tabel : 1 atau data baru dari suatu lokasi, kemudian dengan menggunakan persamaan (2) angka medan listrik untuk awan dengan muatan  $Q$  dapat dihitung. Pengurangan medan listrik yang disebabkan oleh pengurangan muatan negatif pada *cell* awan petir yang mengalir melalui gerakan lidah lompat petir (*stepped leader*) bergerak menuju ke tanah / bumi dinyatakan dengan notasi ( $\Delta E_Q$ ) dengan satuan (kV/m). Sedangkan  $\Delta Q$  adalah muatan yang menyebabkan pengurangan intensitas medan listrik,  $\Delta E$ , dihitung dengan persamaan (4). Pada persamaan (4) kerapatan muatan  $\rho$  (Coulomb per meter) merupakan kerapatan muatan listrik yang terkandung di dalam kanal lidah lompat petir (*step-*

ped leader), dengan kecepatan rambat ( $v$ ) dan satuan meter per mikro-detik ( $m/\mu$  detik). Karena asumsi titik sebanyak 500 titik sd 800 titik maka diperlukan perhitungan yang berulang ulang sebanyak titik yang diasumsikan. Proses ini dikerjakan dengan kalang 'do loop' oleh kom- puter sebagai simulatornya. Data muatan listriknya diperoleh dari tabel : 1. Muatan listrik ( $Q$ ), kecepatan rambat lidah lompat ( $v$ ), dan kerapatan muatan ( $\rho$ ) dipilih sesuai dengan kawasan yang dievaluasi.

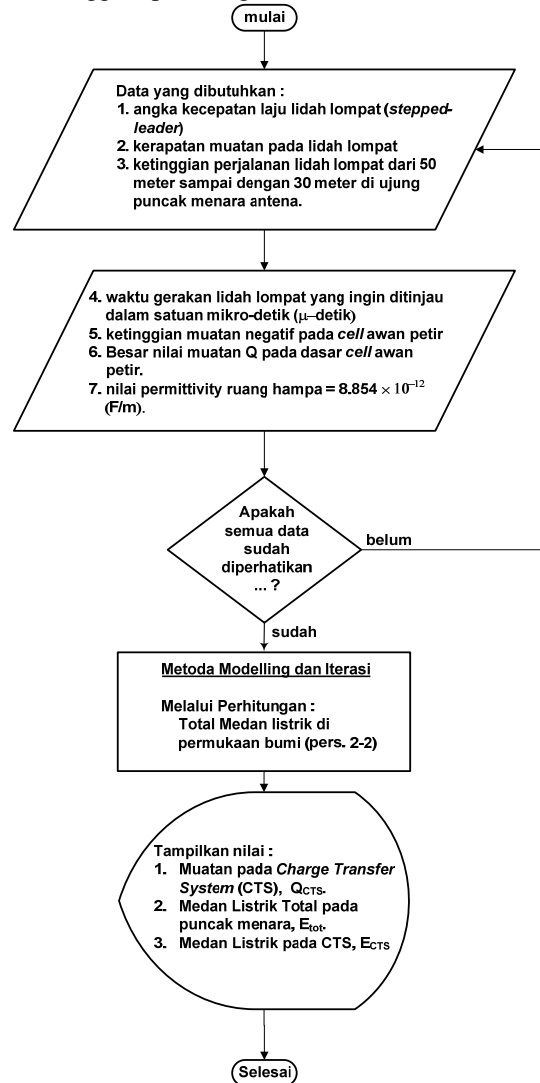
**3.3.3 Jarak Gerak Lidah Lompat (stepped leader)**

Dalam perhitungan ini akan diamatimedan listrik dipermukaan bumi ketika posisi lidah lompat petir yang menuju ke bumi pada bentangan jarak sebesar 50 meter sampai dengan 30 meter dari titik puncak menara (puncak menara ini sendiri terletak dalam ketinggian 100 meter dari permukaan tanah/bumi). Data yang diperlukan adalah terdiri dari data alam dan data desainer untuk struktur charge transfer system yang dipasangkan dipuncak menara. Data alam dapat berupa angka isokraunic level (IKL), angka permittivity udara ( $\epsilon$ ), nilai besar muatan awan petir ( $Q$ ). Sedangkan data desainer meliputi : tinggi menara antenna dimensi dan parameter dari CTS yang digunakan dan dimensi lightning rod atau proteksi jenis batang vertikal. Kedua data ini (data alam dan data desainer) diinstalasikan di input program untuk keperluan simulasi dengan menggunakan model formula dan model awan petir yg dipilih. Hasil simulasi ini menghasilkan nilai angka medan listrik secara keseuruhan (total) di permukaan bumi, setinggi 100 meter (karena tinggi menara antenna 100 meter). Setelah itu dihitung lagi secara berulang dengan data yang sama untuk posisi lidah lompat yang selanjutnya (pada penelitian ini diambil sebesar 50 m, 49 m, dan 48 m dan seterusnya). Metoda yang digunakan adalah meng- gunakan model awan petir sebagaimana ditunjukkan dalam gambar : 1, Secara keseluruhan proses perhitung an ini dapat digambarkan melalui diagram alir (flow chart ) seperti gambar : 4.

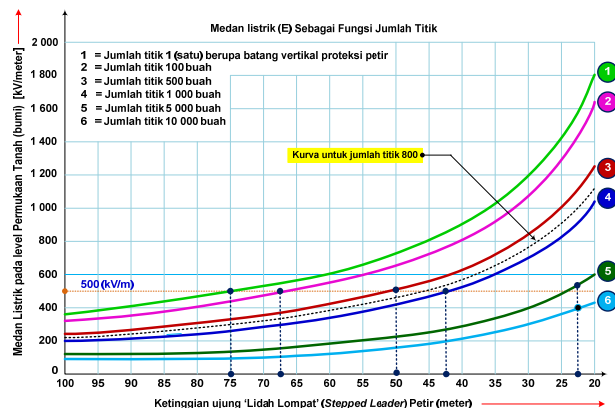
**4. Hasil dan Kesimpulan**

Gambar : 5 yang dibuat oleh Drabin (1999) menunjukkan hasil perhitungan medan listrik pada level permukaan bumi/tanah untuk pemasangan CTS dengan jumlah titik yang berbeda dan dikaitkan dengan nilai  $E = f(H_{SL})$ , kecuali kurva dengan garis yang terputus putus.  $H_{SL}$  atau  $H_{sl}$  adalah posisi ketinggian ujung lidah lompat ketika perjalanannya dari awan petir menuju ke bumi. Kurva 1 sampai dengan 5 masing masing menunjukkan kurva kurva CTS untuk jumlah titik 1, 100, 500, 1 000, 5 000, dan CTS dengan jumlah titik 10 000 buah. Sumbuh axis adalah nilai posisi ketinggian lidah lompat sedangkan sumbu ordinatnya adalah intensitas medan listrik di permukaan bumi / tanah, E<sub>pb</sub>. Untuk mendapatkan

hasil yang jelas mengenai medan listrik di permukaan tanah yang ditimbulkan oleh CTS milik ANTEVE maka gambar : 5 disederhanakan lagi dengan menghapuskan kurva 1, 2, 3, 4, 5, dan kurva 6 sehingga diperoleh gambar : 6.

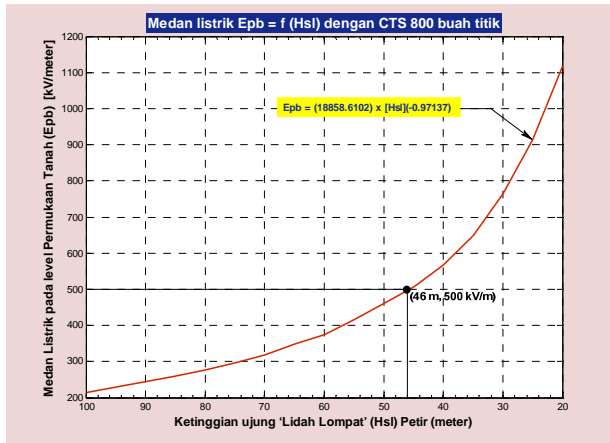


**Gambar : 4**  
**Diagram alir Pelaksanaan Penelitian**

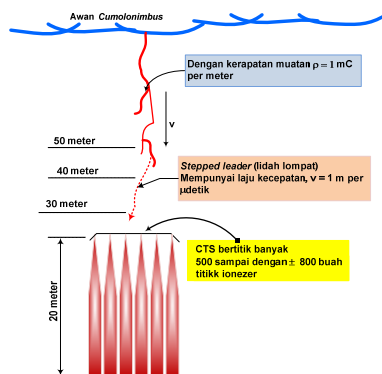


**Gambar : 5**  
**Medan Listrik Versus Ketinggian Lidah Lompat Petir dengan jumlah elektrodatitik/jarum berbeda**

Pada gambar : 5 terlihat kurva dengan garis terputus putus hanya disisipkan/ditambahkan ). Gambar : 5 menunjukkan 6 kurva masing masing kurva 1, 2, 3, 4, 5, dan kurva 6 mewakili CTS dengan 1 titik, 100, 500, 1 000, 5 000, dan CTS dengan 10 000 buah titik.



**Gambar : 6**  
Medan listrik Versus ketinggian lidah lompat (*stepped Leader*) Petir Dengan jumlah titik 800 buah



**Gambar : 7**  
Luncuran Lidah Lompat Petir menuju CTS

Pada gambar : 5 terlihat kurva dengan garis terputus putus hanya disisipkan/ditambahkan ). Gambar : 5 menunjukkan 6 kurva masing-masing kurva 1, 2, 3, 4, 5, dan kurva 6 mewakili CTS dengan 1 titik, 100, 500, 1 000, 5 000, dan CTS dengan 10 000 buah titik.

Pada gambar : 6 hasil perhitungan medan listrik pada level permukaan bumi untuk CTS milik ANTEVE dengan jumlah elektroda titik 800 buah. Jumlah titik elektroda jarum yang banyak akan mengurangi tingkatan intensitas medan listrik dipermukaan bumi. *Charge Transfer System* (CTS) yang digunakan oleh menara antenna ANTEVE memiliki 800 buah titik elektroda jarum mampu mengurangi intensitas medan listrik pada permukaan bumi. *Epb*, dibandingkan dengan kurva 1 mempunyai satu batang vertikal proteksi petir; kurva 2 mempunyai 100 buah titik elektroda jarum; dan kurva 3 mempunyai 500 buah titik elektroda jarum.

*Charge Transfer System* milik ANTEVE ini (dengan 800 buah titik elektroda jarum) di-suplai oleh persamaan :  $E_{pb} = (18858.61) \times (H_{sl})^{-0.971}$ . Persamaan ini membuat hubungan antara  $E_{pb}$  dan  $H_{sl}$  yang secara detail memberikan data sebagaimana pada tabel : 2. Notasi  $H_{sl}$  menunjukkan jarak ujung lidah lompat (*stepped leader*) petir yang ditentukan mulai dari perjalanan awalnya menuju bumi dengan ketinggian 100 meter yang bergerak turun hingga mencapai 20 meter di permukaan bumi. Hubungan ilustrasi rambatan lidah lompat petir yang bersesuaian dengan tabel : 2 ini ditunjukkan melalui gambar : 7 yang mendeskripsikan sebuah kanal lidah lompat (*stepped leader*) petir pada lintasan jarak 50 m, 40 m, dan 30 m dengan kecepatan 1 meter per detik, dan kerapatan muatan ( $\rho$ ) = 1 mili-Coulomb per meter. Jika pada puncak menara antenna menggunakan satu buah titik elektroda (ini berarti menggunakan proteksi petir jenis *lightning rod*) maka intensitas medan listrik saat perambatan kanal lidah lompat petir mencapai ketinggian 20 meter sebesar 1 800 kV per meter (lihat gambar : 5).

Petir yang menimbulkan medan listrik sebesar 1800 kV/m ini akan menimbulkan suara yang menggelegar karena terjadi peluahan (*discharge*) muatan listrik pada awan secara besar-besaran dan bersifat impuls. Pada kondisi ini atmosfer terkondisi menjadi *explosive expansion*. Udara sama seperti gas, ketika molekul udara mengalami pemanasan, maka molekul udara ini akan mengembang, semakin cepat unsur udara ini memanas maka semakin cepat tingkat ekspansinya (pengembangannya). Tetapi ketika udara ini dipanaskan sampai pada angka 30 000<sup>0</sup> C (54 000<sup>0</sup> F) dalam hitungan mikro-an detik (artinya sangat cepat sekali) maka akan terjadi/muncul sebuah fenomena apa yang dikenal dengan nama '*ekspansi ledakan*' (*explosive expansion*). Fenomena inilah yang kita temui ketika sebuah sambaran petir yang diikuti dengan suara yang meng-eksplorisiv).

Disini udara mengembang dengan cepat sekali sehingga memampatkan udara disekitarnya/didepannya, dengandemikian akan terbentuk gelombang kejut yang mirip dengan ledakan sonik (*sonic-boom*). Ledakan sonik ini terjadi bila sebuah objek melaju melebihi kecepatan suara (344 m perdetik).

Dengan menggunakan CTS, peluahan (*discharge*) secara besar besaran ini dapat dihindarkan melalui jumlah elektroda jarum yang lebih banyak, yaitu : 800, 1000, 5000, dan 10000 buah titik elektroda jarum (gambar : 5). Menara antenna ANTEVE menggunakan *Charge Transfer System* (CTS) dengan jumlah elektroda jarum 800 buah. CTS ini mempunyai diameter 3 meter melingkar seperti roti donat dan ditempatkan di puncak menara antenna yang bertujuan untuk mengurangi intensitas medan listrik.

## 5. Kesimpulan

1. Terungkap bahwa penggunaan *Charge Transfer System (CTS)* pada struktur menara antenna ANTEVE dapat mengurangi tingkat intensitas medan listrik disekitar struktur menara saat terjadi kanal lidah lompat petir di atasnya.
2. Dosis pengurangan intensitas medan listrik sebesar 43 % (dari 500 kV/m menjadi 285 kV/m).
3. Penggunaan *Charge Transfer System (CTS)* dapat memperbaiki/membantu kinerja dari *lightning rod* (pro teksi petir jenis batang vertikal) konvensional.

**Tabel : 2**  
**Charge Transfer System (CTS) dengan jumlah titik elektroda jarum 800 buah titik**

Posisi Ketinggian Ujung Lidah Lompat ( <i>Stepped leader</i> ) petir dari permukaan bumi/tanah [meter]	Intenstas Medan Listrik disekitar posisi Ujung Lidah Lompat ( <i>Stepped-Leader</i> ) yang merambat Menuju ke Bumi /Tanah [kV/meter]
20	1028.5125
22	937.5993
24	861.6374
26	797.206
28	741.8553
30	693.7851
32	651.642
34	614.3893
36	581.2192
38	551.4927
40	524.698
42	500.42
44	478.3184
46	458.1122
48	439.5663
50	422.4836
52	406.6965
54	392.0625
56	378.4592
58	365.781
60	353.9361
62	342.8446
64	332.4367
66	322.6506
68	313.4321
70	304.733
72	296.5103
74	288.7259
76	281.3453
78	274.3379
80	267.6759
82	261.3343
84	255.2904
86	249.5236
88	244.0153
90	238.7483
92	233.707
94	228.8772
96	224.2458
98	219.8007
100	215.531

## Ucapan Terima Kasih Kepada :

1. Stasiun televisi PT ANTEVE di Dusun Sepat Desa Ngoro-Oro, Bukit Patuk – Gunung Kidul, Yogyakarta (fasilitas dan data objek penelitian)
2. Bapak Koordinator Kopertis V Yogyakarta (bantuan dana penelitian)
3. Pendamping penyusunan laporan penelitian Bapak Prof. Dr.Ir Tarcus Haryono (Kapala Lab Tegangan Tinggi UGM).
4. Semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian

## Daftar Pustaka

- [1]. Carpenter, RB., dan Drabkin, MM., 1997, "*Improvement of Lightning Protection against Direct Lightning Strokes*", IEEE 1997 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Austin, Texas – USA.
- [2]. Drabkin, MM., 1999., "*Interaction between Lightning Channel and CTS*", 0-7803-5057-X/99/\$10.00, Lightning Eliminator and Consultants (LEC), Inc 6687 Arapahoe Rd Boulder, Colorado – USA.
- [3]. Golde, RH (ed), 1977, *Lightning Protection*, Vol.2, Academic Press, New York 1977.
- [4]. Utama, B., 2002, "*Penentuan Medan Listrik Impuls Petir pada Sistem Pemodelan SUTET 500 kV, 50 Hz*" Thesis Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta-Indonesia (INA).
- [4]. Utama, B., 2009, "*Penentuan Akumulasi Intensitas Gradien Tegangan pada Isolasi Kabel akibat Pasca sambaran Petir ke Struktur Tower ANTEVE dengan Metoda Celah Kapasitor (Capacitor –Gap) Bahan berlapis Banyak*", hal. 03, laporan penelitian melalui dana DIPA Kopertis Wilayah V nomor : 0169.0/023-04.2/XIV/2009 tahun anggaran 2009, Departemen Pendidikan Nasional Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah V Daerah Istimewa Yogyakarta – Indonesia.
- [5]. Williams, E., 2007, "*The Global Electrical Circuit : a Review*", Massachusetts Institute of Technology (MIT), International Conference on Atmospheric Electricity, Agustus-2007, Beijing, China (CHN).
- [6]. Zoro. R., Sirait, KT., 1987, "*Proteksi Sistem Tenaga bagian I Proteksi terhadap*

*Tegangan Lebih pada Sistem Tenaga Listrik*”, Diktat kuliah, jurusan Tek.Elektro, FT. Industri Teknologi Bandung.

**Sumber referensi Internet :**

- [7]. <http://ecmweb.com/power-quality-archive/prevent-lightnig-strikes-charge-transfer-systems>
- [8]. <http://meteo.bmkg.go.id/prakiraan/indonesia>