

## PENGURANGAN POLLUSI RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK DENGAN PENEMPATAN KAWAT *GROUNDING* ANTARA KONDUKTOR PHASA DAN KONTUR PERMUKAAN TANAH

Budi Utama

Jurusan Teknik Elektro STTNAS Yogyakarta

Jalan Babarsari Caturtunggal, Depok, Sleman

email : budiutamaduautama@ymail.com dan www.budiutama.com

### ABSTRAC

*A simulation method for remodification of the arrangement of the element of the Maxwell Potential Coefficient Matrix (MPCM) which has been adjusted to : a configuration model of phase conductors of the ultra high voltage transmission line on the tower, and their composite model of the ground wires that is separately located under phase conductors, all of them are presented. The purpose of the MPCM element remodification is an implementation of reduction of electric field intensity (EFI) level. The remodification must be based to forming of the design of the geometric dimension of the air gap between "the ground wires" placed at the bottom of the phase conductors and the surface of the ground. "The ground wires" are additional ground wires aside from the overhead ground wires.*

*The sample is a ultra high voltage transmission lines (1145 kV), 3 phase, 13.5 meters in phase spacing, phase conductor 16.8 meters in height, and horizontal configuration (flat). The additional ground wires placed off the outer phase (at the bottom of the phase conductor) at the point of maximum gradient and at a height of 7 meters above ground .*

*The result of computation show that electric field intensity level can be significantly decreased 27.4 % in magnitude. However, the reduction of the electromagnetic field radiation using electrode of the additional ground wires aside from the overhead ground wires will be decrease electric field intensity (EFI) level, specially for ultra high voltage transmission lines, horizontal configuration, a 3 phase, 13.5 meters in phase spacing, and phase conductor 16.8 meters in height.*

*Key Words : Pollution, Eletromagnetic, Grounding Wire*

### LATAR BELAKANG

Tulisan ini menyajikan sebuah metoda dalam meng- implementasikan pengurangan terhadap radiasi medan elektromagnetik pada sumber sumber yang mengkontri- busikan radiasi medan elektromagnetik dalam jumlah ska la yang besar. Banyak cara untuk mendapatkan 'green technology' disetiap bidang (disiplin) ilmu, dan ini adalah penting sekali bagi 'kesejahteraan' (*well being*) dan keberlangsungan hidup dan kehidupan di planet bumi ini.

Pembicaraan tentang dampak medan elektromagnetik, khususnya diaspek intensitas medan listrik (IML) yang dihasilkan oleh beberapa sumber dengan pemunculan ang ka IML pada karakteristik *extremly low frequency* (ELF), yaitu pada kisaran frekuensi antara 30 Hz sampai dengan 300 Hz, sudah sangat banyak sekali. Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*, WHO) untuk kan- tor regionalnya yang berkedudukan di Eropa dan Kopen- hagen- Denmark, membahas ini dalam bukunya "*Nonionizing Radiation Protection*" edisi II dengan editor Suess dan Benwell (1989) dengan referensi tidak kurang dari 274 acuan referensi. Hasil penelitian yang diterbitkan me- lalui journal journal (international maupun secara nasio- nal) dengan eksprimen laboratoriumnya sudah cukup ba- nyak dikerjakan.

Persoalannya sekarang adalah bagaimana cara untuk mengurangi polllusi IML ini dengan segera, sementara pe- nambahan kebutuhan tenaga listrik terus meningkat setiap tahunnya. Daya yang dikirim berbanding lurus dengan peningkatan level tegangan operasional pada jaringan lis- triknya. Peningkatan level tegangan operasi SUTET bertu- juan juga untuk menghindari rugi rugi daya saluran yang besar. Sekarang transmissi di Indonesia beroperasi de- ngan tegangan ekstra tinggi, yaitu Saluran Udara Tegang- an Ekstra Tinggi 500 kV (SUTET-500 kV).

Pengembangan Saluran Udara Tegangan Ekstra Ting- gi cenderung untuk menaikkan level tegangan operasinya, seiring dengan peningkatan kebutuhan tenaga listrik yang semakin besar dan mendesak. Dengan menaikkan te- gangan opsional SUTET maka dampaknya adalah me- dan elektromagnetik yang dimunculkan oleh SUTET ini intensitasnya akan menjadi meningkat pula.

Tulisan ini akan mencoba mendeskripsikan cara pe- ngurangan polllusi dari intensitas medan elektromagnetik i- ni secara sederhana, aman, dan mudah dikerjakan dila- pangan.

### Tujuan dan Manfa'at Penelitian

Tujuan dari tulisan ini adalah mencoba mereduksi in- tensitas medan listrik yang

ditimbulkan oleh saluran udara tegangan ekstra tinggi, melalui remodifikasi matriks MPCM yang elemen-elemen matriksnya merupakan parameter dan dimensi dari konfigurasi konduktor, diameter konduktor fasa, ketinggian konduktor fasa dan ketinggian kawat tanah, jarak antar konduktor fasa, dan jarak antar kawat tanah, serta jarak antara kawat tanah dan konduktor fasa. Dengan melakukan remodifikasi dengan cara penambahan kawat tanah di bawah konduktor fasa, maka semua parameter desainer penambahan kawat tanah di bawah konduktor fasa dapat diinstalasikan ke dalam MPCM dan sekaligus bertindak sebagai variabel yang bisa diatur nilainya untuk mengurangi intensitas medan listrik (IML). Dengan demikian angka pengurangan intensitas medan listrik dipermukaan bumi dapat diketahui dan dikontrol dengan mudah bahkan diturunkan angka gradien tegangannya.

Manfaat yang diperoleh adalah bahwa dengan menggunakan kawat yang bermuatan negatif dan berpotensi nol (karena kawat tersebut di *grounding*) yang diletakkan di bawah konduktor fasa maka radiasi medan elektromagnetik yang ditimbulkan oleh konduktor fasa tersebut dapat direduksi / dikurangi secara seksama dan aman bagi lingkungan disekitarnya. Selain pekerjaannya gampang, penempatan kawat tanah di bawah konduktor fasa dapat disesuaikan dan diatur secara mudah dan ekonomis. Hal yang sama dapat dikerjakan di dalam ruang tempat tinggal (*residence*) kalau ini memang diperlukan untuk mengurangi dampak elektromagnetik yang ditimbulkan oleh peralatan rumah tangga yang menggunakan tenaga listrik. Disini pertimbangan estetika dipertimbangkan dengan cara (misalnya) dimana penghantar kawat *grounding*-nya di rubah menjadi penghias partisi penyekat antar dua ruang di dalam rumah dan kawat *grounding*-nya disembunyikan di dalam dinding/lantai (ditanamkan). Ini merupakan salah satu contoh saja dalam pemanfaatan teknologinya dimana faktor estetika turut dipertimbangkan secara detail dan seksama.

**Metoda**

**1. Persamaan Elektrostatik**

Permasangan kawat tanah di bawah jaringan SUTET bertujuan mengurangi efek elektrostatik yang terjadi di bawah jaringan SUTET tersebut. Secara teori efek elektrostatik ini dapat diekspresikan melalui persamaan elektrostatik dalam bentuk tegangan fasa dan muatan (Epri, 1975),

$$[V] = [P] \cdot [Q] \quad \dots (1)$$

dengan,

[ V ] = Matriks tegangan sistem dengan satuan (kV).

[ P ] = Matriks koefisien Potensial Maxwell atau

*Maxwell Potential Coefficient Matrix*

(MPC-

M) dengan satuan (meter per Farad).

[ Q ] = Muatan listrik dengan satuan kilo-Coulomb

(kC).

Untuk menentukan medan listrik dipermukaan tanah dimana di atasnya ada SUTET, maka nilai gradien tegangan pada level permukaan tanah yang disebabkan oleh masing-masing muatan pada saluran penghantar dihitung melalui persamaan (Epri, 1975),

$$G_x = \frac{q_{rx} + j q_{ix}}{2 \pi \epsilon} \times \frac{2 H_x}{H_x^2 + L_x^2} \quad \dots (2)$$

dengan,  $q_{r,x}$  dan  $q_{i,x}$  adalah bagian *real* dan bagian *imaginer* muatan pada penghantar x,  $L_x$  adalah jarak horizontal antara konduktor dan suatu titik dipermukaan tanah dengan nilai gradiennya yang akan dihitung. Nilai gradien keseluruhan diberikan dengan,

$$G = \sum G_x \quad \dots (3)$$

Penempatan kawat tanah di bawah jaringan SUTET adalah memperkecil ruang (*space*) kisi bidang equipotensial yang terjadi di bawah jaringan SUTET dengan cara mengangkat bidang equipotensial yang bernilai potensial sama dengan nol volt setinggi kawat tanah yang akan dipasangkan nanti. Penyempitan bidang equipotensial ini dapat dipresentasikan secara visualisasi melalui pembentukan MPCM yang dapat dibentuk berdasarkan konfigurasi *tower*, konduktor fasa, dan komposisi kawat tanah yang digunakan. Hal yang dikerjakan dalam pembentukan MPCM ini adalah membuat model bayangan dari konfigurasi dan komposisi dari keseluruhan konduktor fasa dan kawat tanah yang di atas konduktor fasa serta kawat tanah yang dibentangkan di bawah SUTET tersebut.

**2. Sampel Penelitian**

Sampel penelitian diadopsi dari Epri (1975) berupa konfigurasi *tower* horizontal dengan level tegangan operasi sebesar 145 kV-ac, ketinggian konduktor fasa 16.8 meter (55 feet), jarak antar konduktor fasa 13.5 meter. ‘Kawat tanah tambahan’ dipasangkan di bagian bawah konduktor fasa dengan ketinggian dari permukaan tanah 7 meter kemudian jarak ‘kawat tanah tambahan’ dari poros *tower* ± 16 meter. Sebagai ilustrasi, di bawah ini disajikan profil

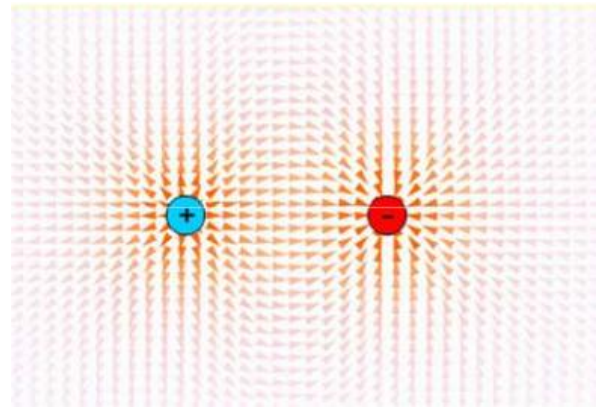
tower transmisi 1 200 kV – India (Sumber : <http://www.inmr.com/2013/10/new-1200-kv-test-station-will-support-development-uhv-network-india/>)



**Gambar : 1**  
Tower dengan konfigurasi Horizontal (flat)

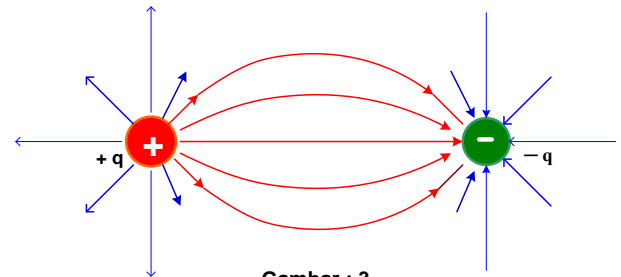
### 3. Konsep Garis Fluks Listrik

Di bawah ini ditunjukkan dua muatan titik masing masing masing bermuatan positif dan negatif dan dipisahkan dengan jarak tertentu. Terlihat nyata bahwa muatan positif akan mengeluarkan garis listrik dan muatan negatif akan menerima / memasukan / menerima garis listriknya yang dikeluarkan oleh muatan positif tadi. Magnitudnya ditunjukkan dengan warna oranye. Warna oranye pekat menunjukkan magnitudnya besar sedangkan warna oranye yang memudar atau semakin memudar menunjukkan magnitudnya menjadi kecil dan semakin mengecil yang ditandai dengan warna oranye yang semakin memudar mendekati abu abu. Garis fluks listrik adalah sejumlah kumpulan garis garis yang mengindikasikan bahwa pada posisi garis tersebut (atau disekitarnya) masih membawa/mempunyai fenomena pengaruh besaran medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan listrik (dengan satuan coulomb) yang mengeluarkan/menerima garis listrik tersebut.



**Gambar : 2**  
Garis garis fluks listrik

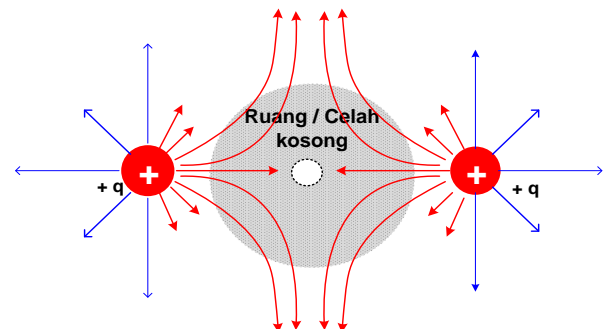
Secara ilustrasi (untuk kepraktisan) arah anak panah akan diganti dengan garis sehingga menjadi seperti di bawah ini,



**Gambar : 3**  
ilustrasi garis garis fluks pada Dua Konduktor masing masing bermuatan (+q) dan (-q)

Berikut di bawah ini untuk muatan yang berpolaritas sama, yaitu muatan-titik positif dengan positif dan muatan-titik negatif dengan muatan negatif. Ternyata kondisinya berbeda dengan ilustrasi gambar di atas.

Pada gambar : 4 ada ruang kosong tercipta (warna kuning dengan titik titik hitam). Pada ruang ini kerapatan garis listriknya relatif lebih sedikit dibandingkan pada

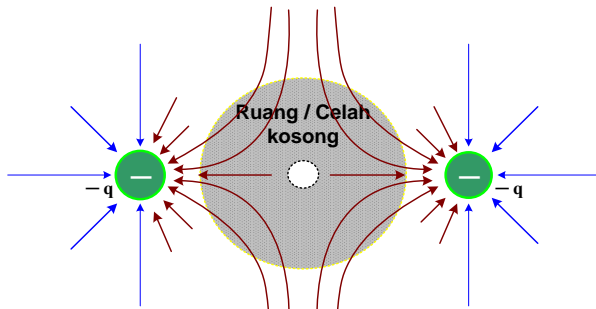


**Gambar : 4**  
ilustrasi garis garis fluks pada dua konduktor masing masing bermuatan (+q) dan (+q)

tempat lain. Sebaliknya gambar : 3 tidak ada ruang /celah kosong. Jadi dapat dikatakan bahwa sifat kelistrikan pada

ruang/celah kosong ini hampir tidak ada sama sekali, karena jumlah garis listriknya atau garis fluksnya sedikit bahkan pada titik tertentu garis fluksnya tidak ada sama sekali, lingkaran putih ditengah.

Pada gambar : 5 kondisinya sama seperti gambar : 4. Ada ruang/celah dan ada lingkaran kecil warna putih.



Gambar : 5  
 ilustrasi garis garis fluks pada dua konduktor masing masing bermuatan (- q) dan (- q)

Dengan demikian dapat disimpulkan : muatan yang sama polaritasnya akan memunculkan ruang/celah kosong dan suatu kawasan kecil (lingkaran kecil warna putih), akan tetapi muatan berpolaritas positif mempunyai nilai tegangan tertentu yang positif. Sedangkan pada polaritas negatif tidak bertegangan, jadi  $V = 0$  Volt. Visualisasi seperti ini sama dengan sosok bumi dengan permukaannya selalu bertegangan nol volt. Oleh karena itulah bumi merupakan unsur (*agent*) pentanahan (*grounding*) yang baik dan sempurna (karena tegangannya selalu sama dengan 0 volt atau tidak ada fenomena kelistrikan).

Jadi, gambar 4 dan gambar : 5 inilah yang menjadi konsep dasar dalam mereduksi radiasi medan listrik (me- dan elektromagnetik) di bawah SUTET dimana kawat tanah tambahan yang dipasangkan dibawah konduktor phasanya beraksi sebagai elektroda yang bermuatan negatif sehingga polaritas muatannya sama dengan polaritas muatan yang ada disosok bumi, yaitu muatan yang berpolaritas negatif, sama akan halnya muatan yang ada di kawat tanah tambahan tersebut. Dengan demikian antara elektroda 'kawat tanah tambahan' dan bumi 'pasti' ada ruang /celah kosong sebagaimana ditunjukkan oleh gambar : 4 dan gambar : 5 yang sama sekali bebas dengan fenomena kelistrikan. Berikut di bawah ini akan dijelaskan model MPCM yang digunakan dan bersesuaian dengan (*corresponding to*) dimensi dan parameters sistem konfigurasi yang dipakai dalam proses mereduksi tingkat intensitas medan listrik (IML) yang terpapar pada kontur permukaan tanah (di bawah SUTET).

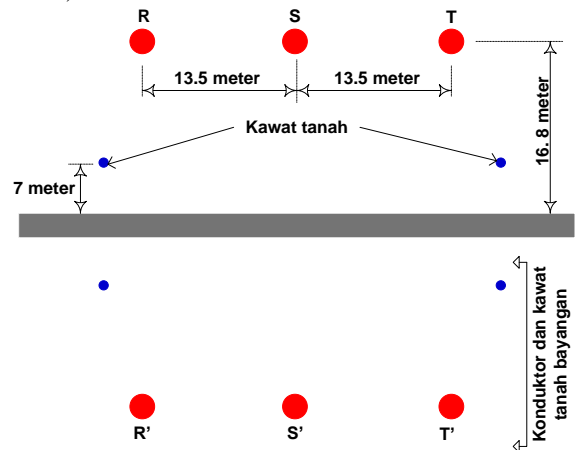
**3.3 Model untuk Maxwell Potential Coefficient Matrix (MPCM)**

Model MPCM yang berkaitan dengan sampel penelitian ini akan diekspresikan dalam bentuk matriks dengan system 3 konduktor fasa sebagaimana data sampel yang disebutkan pada item 3.2 di atas, matriks ini berdimensi matrik ( $3 \times 3$ ), dengan elemennya sebagai berikut (sebelum kawat tanah tambahan diinstalasikan),

**Matriks : I**

9.237 E.10	1.774 E.10	8.412 E.09
1.774 E.10	9.237 E.10	1.774 E.10
8.412 E.09	1.774 E.10	9.237 E.10

Elemen-elemen matriks ini mempunyai satuan (meter per farad) dan dari komposisi konduktor seperti di bawah ini, tetapi dengan kawat tanah tambahan belum di instalasikan. Komposisi konduktor ini dibuat berdasarkan konsep bayangan konduktor fasa dan kawat tanah (konsep bayangan dikembangkan dari teori *dipole* listrik).



Gambar : 6  
 Konsep Bayangan (Utama, 2002)

Gambar : 6 adalah komposisi setelah kawat tanah tambahan diletakan di bawah SUTET dengan ketinggian 7 meter untuk mengurangi intensitas medan listrik yang terpapar di bawah bentangan konduktor SUTET. Setelah kawat tanah tambahan ini di letakan di bawah konduktor maka bentuk model MPCM-nya berubah menjadi matriks dengan ukuran ( $5 \times 5$ ),

**Matriks : II**

1.038E.11	1.507E.10	7.178E.09	3.393E.09	1.408E.09
1.507E.10	9.237E.10	1.774 E.10	8.412E.09	3.393E.09
7.178E.09	1.774E.10	9.237 E.10	1.774E.10	7.178E.09
3.393E.09	8.412E.09	1.774 E.10	9.237E.10	1.507E.10

1.408E.09    3.393E.09    7.178E.09    1.507E.10    1.038E.11

Matrik I adalah *Maxwell Potential Coefficient Matrix* (MPCM) sebelum pemasangan kawat tanah tambahan yang ditempatkan di bawah SUTET, dengan ukuran matriks (3 × 3). Sedangkan matriks II adalah *Maxwell Potential Coefficient Matrix* (MPCM) sesudah pemasangan ‘kawat tanah tambahan’, dengan ukuran matriks (5 × 5) yang merupakan remodifikasi dari matriks I. Matriks I dan matriks II adalah matrik [ P ] sebagaimana yang dinyatakan oleh persamaan (1).

Kemudian secara bergantian hitung matrik [ Q<sub>1</sub> ] untuk matriks I (sebelum pemasangan kawat tanah tambahan), dan matriks [ Q<sub>2</sub> ] untuk matriks II (sesudah pemasangan kawat tanah tambahan di bawah SUTET). Akhirnya diperoleh intensitas medan listrik (gunakan persamaan : 2) untuk kondisi sebelum dan sesudah pemasangan kawat tanah tambahan di bawah SUTET, lalu grafik medan listriknya dapat digambarkan dengan bantuan komputer melalui program Matlab.

**HASIL DAN KESIMPULAN**

Dengan mengerjakan operasi invers untuk MPCM maka akan diperoleh muatan pada masing masing konduktor fasa R, S, dan konduktor fasa T dengan nilai :

1. Sebelum menggunakan kawat tanah tambahan di bawah SUTET, maka besar muatan yang terakumulasi di konduktor fasa R, S, dan konduktor fasa T sebelum MPCM dimodifikasi adalah :

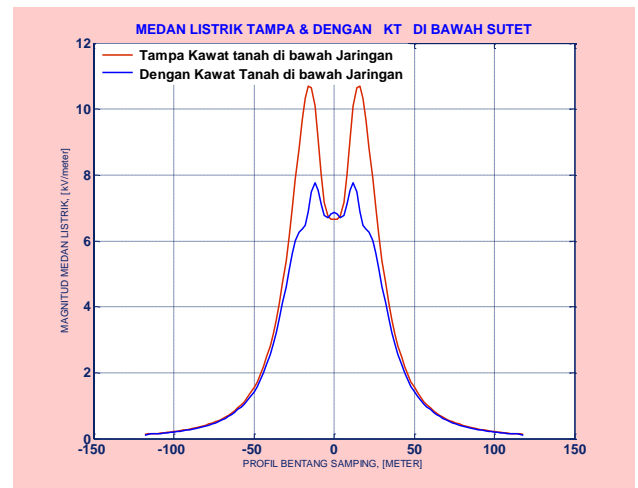
$$\begin{bmatrix} Q_R \\ Q_S \\ Q_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (8.33392E - 9) - j (8.0717E - 10) \\ (-4.5145E - 9) - j (7.8175E - 9) \\ (-3.4647E - 9) - j (7.6258E - 9) \end{bmatrix} \text{ (kC/m)}$$

2. Sesudah kawat tanah tambahan diinstalasikan di bawah SUTET dengan ketinggian 7 meter dari permukaan tanah dan menyamping kekanan dan kekiri sebesar 16 meter dari poros menara, maka besar muatan yang terakumulasi di konduktor fasa R, S dan konduktor fasa T setelah mana MPCM dimodifikasi adalah terdiri dari muatan pada 2 kawat tanah tambahan dan 3 muatan pada konduktor fasa seperti yang ditunjukkan pada matrik dibawah ini dengan satuan (kC/m),

$$\begin{bmatrix} Q_g \\ Q_R \\ Q_S \\ Q_T \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (-8.0839E - 10) + j (1.8097E - 10) \\ (+8.4551E - 09) + j (7.8801E - 10) \\ (-4.5032E - 09) + j (7.7980E - 09) \\ (-3.5391E - 09) + j (7.7166E - 09) \\ (+5.6007E - 10) - j (6.0954E - 10) \end{bmatrix}$$

Q<sub>g</sub> dan Q<sub>i</sub> adalah muatan yang telah terakumulasi ke dalam kawat tanah tambahan yang dipasangkan di bawah konduktor fasa SUTET dengan ketinggian 7 meter dari level tanah. Masing masing muatan ini akan menghasilkan medan listrik (angka gradien tegangan dengan satuan kV/m) di level permukaan tanah. Medan listrik ini mempunyai polaritas yang bersesuaian dengan polaritas muatannya. Karena medan listrik yang ditimbulkan oleh seluruh muatan (secara totalitas) maka medan listriknya adalah penjumlahan secara superposisi dari medan listrik yang ditimbulkan oleh muatan : Q<sub>g</sub>, Q<sub>R</sub>, Q<sub>S</sub>, Q<sub>T</sub>, dan muatan Q<sub>i</sub> yaitu : E<sub>total</sub> = E<sub>g</sub> + E<sub>R</sub> + E<sub>S</sub> + E<sub>T</sub> + E<sub>i</sub>.

Hasil remodifikasi MPCM akan mendapatkan nilai Q<sub>g</sub> dan nilai Q<sub>i</sub> yang selanjutnya akan berperan mengecilkan /mengurangi/mereduksi masing masing muatan pada konduktor fasa R, S, dan pada konduktor fasa T. Hasil reduksi ini akan menghasilkan intensitas medan listrik secara keseluruhan menjadi kecil, sebagaimana ditunjukkan dalam gambar : 7 seperti di bawah ini.



**Gambar : 7**  
**Intensitas Medan Listrik setelah dan sebelum**  
**Penggunaan ‘kawat tanah tambahan’ di bawah jaringan**  
**SUTET**

Terlihat bahwa setelah remodifikasi elemen elemen MPCM saat sebelum dan sesudah penempatan ‘kawat tanah tambahan’ di bawah jaringan SUTET maka elemen elemen matriks akan bertambah dari ukuran (3 × 3), sebelum penempatan kawat tanah tambahan, menjadi berukuran (5 × 5), setelah penempatan kawat tanah tambahan di bawah jaringan SUTET.

Demikian juga mengenai intensitas medan listrik di bawah jaringan SUTET. Intensitas listrik maksimum ( $\text{gam}$  bar : 7) terletak lebih kurang antara 12 meter sampai 16 meter dari poros (koordinat : 0, 0). Setelah pemasangan kawat tanah tambahan di bawah jaringan SUTET intensitas medan listrik maksimumnya mengalami penurunan sebesar 27.4 %, yaitu turun dari 10.69 kV/m menjadi 7.76 kV/m pada posisi *lateral distance* sebesar 16 meter dari poros koordinat (0, 0).

Muatan listrik yang ada pada konduktor fasa sebelum pemasangan kawat tanah tambahan yaitu  $Q_R$ ,  $Q_S$ , dan  $Q_T$  masing masing sebesar :

$$\begin{aligned} Q_R &= (8.33392E - 9) - j (8.0717E - 10) \text{ kCm} \\ Q_S &= (-4.5145E - 9) - j (7.8175E - 9) \text{ (kC/m)} \\ Q_T &= (-3.4647E - 9) - j (7.6258E - 9) \text{ (kC/m)} \end{aligned}$$

Ketiga konduktor fasa yang bermuatan listrik ini mengalami perubahan tingkatan pada kuantitas akumulasi muatan listrik ketika hadir muatan  $Q_g$  dan  $Q_i$  karena ada kawat tanah tambahan yang diletakkan di bawah jaringan SUTET dengan ketinggian 7 meter dari level tanah dan 16 meter dari koordinat (0, 0), ke samping kiri dan kanan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari proses remodifikasi *Maxwell Potential Coefficient Matrix* (MPCM) yang diimplementasikan dengan penambahan kawat tanah di bawah jaringan SUTET.

1. Hasil remodifikasi MPCM akan menghasilkan penambahan elemen matriks pada baris pertama dan baris kelima, kolom pertama, dan kolom ke lima, yaitu akan terisi muatan pada kawat tanah tambahan sebesar  $Q_g$  dan  $Q_i$  dengan satuan kilo-Coulomb per meter (kC/m).
2. Pemunculan/penambahan elemen matriks ini disebabkan oleh perubahan pola geometris dari konfigurasi konduktor sebelum dan sesudah pemasangan kawat tanah tambahan di bawah jaringan SUTET.
3. Setelah remodifikasi MPCM selalu diikuti dengan munculnya muatan  $Q$  baru yang berasal dari pengaruh kawat tanah dan besarnya selalu mengkompensasi besar muatan yang terkandung di dalam konduktor fasa SUTET.
4. Akibat dari butir 3, maka proses reduksi intensitas medan listrik (IML) dapat dicapai secara signifikan, yaitu terjadi pengurangan sebesar  $(10.69 \text{ kV/m} - 7.76 \text{ kV/m}) = 2.93 \text{ kV/m}$  atau sebesar 27.4 %.

5. Proses pengurangan radiasi medan elektromagnetik ini akan membuat lingkungan / kawasan di bawah SUTET terbebas dari radiasi medan listrik, sehingga akan diperoleh suatu kawasan yang bersih (*clean*) terhadap medan elektromagnetik.

### Saran

Metoda pengurangan radiasi medan listrik ini dapat juga diaplikasikan di dalam rumah tempat tinggal (*residence*), jika diperlukan, akan tetapi perlu melakukan pertimbangan estetika (faktor keindahan) di dalam rumah, terutama di bagian interior rumah, dan ini masuk ke *do-main* teknik arsitektur yang mengikutsertakan kepedulian terhadap '*green environment*'.

### DAFTAR PUSTAKA

- Epri, 1975, "Transmission Line Reference Book 345 kV and Above", hal. 94 dan hal. 270 – 272, Electric Power Research Institute 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, California (CA 94304), United States of America (USA).
- Suess, MJ., dan Morison, DAB., "Nonionizing Radiation Protection", edisi II, hal. 176 – 243, World Health Organization (WHO) regional publications European Series No. 25, Copenhagen, Denmark.
- Utama, B., 2002, "Visualisasi Medan Listrik Impuls Petir pada Sistem Pemodelan SUTET 500 kV, 50 Hz", Laporan penelitian Thesis, jur. Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta – Indonesia.