

DAMPAK EMBUN DAN AIR HUJAN TERHADAP PAJANAN INTENSITAS MEDAN LISTRIK DI BAWAH JARINGAN SALURAN UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI

Budi Utama

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

Abstrak

Pajanan (*exposure*) dan intensitas medan listrik dipengaruhi oleh komposisi antara medium dielektrik udara dan tetesan butir air (*droplets*) ketika terjadi hujan dan kabut embun. Kawasan negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh lautan dan terletak pada garis khatulistiwa yang beriklim tropis dengan musim hujan dan kemaraunya, serta dipengaruhi oleh iklim *muson* yang bersifat lembab. Garis fluks listrik yang ada di udara sebagai medium dielektrik SUTET 500 kV akan dipengaruhi oleh kondisi ini dan berdampak pada pajanan (*exposure*) medan listriknya. Tujuan penelitian simulasi ini untuk mengetahui perubahan bentuk pajanan (*exposure*) dan perubahan magnitud medan listrik pada permukaan tanah ketika cuaca hujan/kabut embun dan cuaca cerah. Sampel data adalah data desainer dan data alam disekitar struktur SUTET-500 kV dan analisis data yang dikerjakan dengan metoda simulasi melalui *modelling* persamaan elektrostatik simultans pada konfigurasi SUTET-500 kV dalam menentukan muatan listrik pada konduktor phasa dan kawat tanahnya. Sedangkan penentuan pajanan (*exposure*) me- dan listriknya dikerjakan melalui metoda diskrit (*discrete*) yaitu mencuplik setiap titik dipermukaan bumi dimana intensitas medan listrik titik tersebut dihitung (Epri, 1975). Eksekusi perhitungan dan *plotting* pajanan medan listriknya dikerjakan oleh komputer sebagai simulatornya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika terjadi embun dan hujan pada korridor 'A' dari *plotting* pajanan medan listriknya terjadi penurunan angka intensitas medan listrik secara berbanding terbalik dengan prosentase kandungan tetesan air (*droplets*) sedangkan pada korridor 'C' terjadi penambahan angka intensitas medan listrik secara berbanding lurus dengan kandungan tetesan air (*droplets*). Sebaliknya pada korridor 'B' dan 'D' tidak terjadi perubahan intensitas medan listrik secara signifikan ketika terjadi embun / hujan.

Kata Kunci : Gradient-tegangan, SUTET, Tetesan-air.

1. Pendahuluan

Intensitas medan listrik dibatasi melalui standard yang telah direkomendasikan oleh IRPA (*International Radiation Protection Association*) adalah 10 kV/m untuk yang terpajan (*exposed*) selama beberapa jam perharinya, dan 30 kV/m untuk rentang waktu yang singkat (*short-time*) serta 5 kV/m yang terpajan secara terus menerus (*continuous*). Pada aspek geografi, garis khatulistiwa atau ekuator (*equator*) merupakan sebuah garis imajinasi yang digambarkan di tengah-tengah planet-bumi di antara dua kutub dan paralel terhadap poros rotasi. Garis khatulistiwa ini membagi bumi menjadi dua bagian belahan bumi utara dan belahan bumi selatan. Garis lintang ekuator adalah 0°. Panjang garis khatulistiwa bumi adalah sekitar 40.070 km. Perlu diketahui bahwa hampir keseluruhan kepulauan yang ada di Indonesia masuk dalam kawasan garis khatulistiwa ini. Iklim di suatu tempat di bumi dipengaruhi oleh letak geografis topografi tempat tersebut. Indonesia terdiri dari beberapa pulau dan sebagian besar daratan pulau itu dikelilingi oleh laut. Dengan demikian Indonesia dipengaruhi oleh iklim laut dimana iklim ini bersifat lembab dan banyak mendatangkan hujan. Pengaruh angin musim yang bertiup berganti arah setiap setengah tahun

sekali mengakibatkan terjadi iklim musim atau *muson* (bahasa arab : *mosem*). Di Indonesia, angin musim ini terdiri atas angin musim barat daya dan angin musim timur laut. Angin musim barat daya, bersifat basah, bertiup antara bulan Oktober sampai dengan April. Biasanya, pada bulan-bulan tersebut Indonesia mengalami musim penghujan. Sedangkan angin musin timur laut, bersifat kering, bertiup antara bulan A-pril sampai dengan Oktober. Pada bulan-bulan ini di Indonesia mengalami musim kemarau.

Kondisi seperti ini terjadi juga pada rute dari jaringan SUTET-500 kV yang telah di bangun di Indonesia, khusus nya di pulau Jawa. Pada saluran tegangan tinggi atau saluran tegangan ekstra tinggi medan listrik yang ditimbulk an akibat dari kondisi geografis/iklim ini juga akan mengalami fenomena yang berbeda. Dapat dipahami bahwa medium udara sebagai *insulation* mengalami perubahan nilai *permittivity* atau konstanta dielektrik (*dielectric*) ketika terjadi perubahan kandungan komposisi udara karena kehadiran hujan atau kabut embun. Sering ditemukan pada beberapa referensi dan *text-book* masih tetap mengasumsikan bahwa medium *permittivity* adalah udara (murni) sebagai medium *insulation*-nya. Kenyataan menunjukkan (khususnya kawasan di Indonesia) bahwa

permittivity yang terjadi adalah ‘udara-murni’ (ketika musim kemarau) dan ‘udara yang berkabut embun’ atau ‘udara bercampur dengan tetesan butir-butir air’ (*droplets*) ketika berlangsung musim hujan. Paparan (*exposure*) medan elektromagnetik bukanlah fenomena baru. Namun, selama abad ke-20, kawasan lingkungan terhadap medan elektromagnetik buatan manusia telah menjadi terus meningkat karena permintaan ‘energy listrik’ yang semakin meningkat, perkembangan teknologi dan perubahan yang terus berkembang dalam perilaku sosial telah menciptakan lebih banyak dan semakin meningkatkan sumber medan elektromagnetik buatan. Apa yang dijelaskan di atas menunjukkan bahwa kondisi geografi / iklim berpotensi mempengaruhi pola paparan (*exposure*) dan angka intensitas medan listrik.

Rangkuman dari beberapa penelitian mengenai dampak medan listrik (dan juga medan magnet) yang berasal dari sumber frekuensi rendah (50 Hz dan 60 Hz, kedua level frekuensi ini biasanya disebut sebagai frekuensi daya), atau sering disebut sebagai *extremely low frequency* (ELF), telah dikumpulkan oleh “Organisasi Kesehatan Dunia” (WHO : *world health organization*) untuk kawasan/wilayah Eropa yang berkedudukan di Copenhagen, Denmark. Tidak kurang dari 274 (dua ratus tujuh puluh empat) referensi mengenai dampak dan sumber medan listrik telah dideskripsikan di dalam buku : *Nonionizing Radiation Protection* (Suess dan Morison, 1989).

Beberapa eksperimen menunjukkan bahwa terdapat kehadiran medan listrik vertikal di dalam porsi yang lebih rendah pada atmosfer bumi. Sumber medan listrik ini bermuatan positif yang dibawa dari permukaan tanah/bumi ke bagian atas atmosfer oleh aktivitas pelepasan badai petir (*discharge of the thunderstorm*). Kekuatan intensitas medan listrik pada level permukaan tanah dan atmosfer ini kira-kira 130 Volt per meter dan arahnya secara vertikal menuju ke bawah, namun terhadap fungsi waktu kekuatan medan listrik ini sangat bervariasi dalam orde yang besar/tinggi. Kekuatan intensitas medan listrik pada level permukaan tanah/bumi yang melebihi 100 kV/m telah diamati pada kondisi tanpa (objek) penghalang (Israel, 1973, dalam Suess dan Morison, 1989).

Medan listrik dalam kisaran *extremely low frequency* (ELF) atau pada frekuensi daya (*power frequency*) sebagian besar didominasi hasil dari sumber-sumber medan listrik yang dibuat oleh manusia (*man-made sources*). Medan listrik ELF yang paling kuat intensitasnya dimana manusia biasanya terpapar (*exposed*), di luar dari lingkungan kerja, adalah medan listrik yang diproduksi oleh pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi (SUTT dan SUTET) dan distribusi (Suess dan Morison, 1989). Karena penggunaan yang meningkat pesat dan beragam tentang penggunaan tenaga listrik di masyarakat industri, kemungkinan dan tingkat

paparan dari sistem biologis terhadap medan elektromagnetik untuk sistem biologis telah terjadi peningkatan yang berlipat dalam satu abad terakhir ini.

Penelitian yang dikerjakan oleh Kamel dkk (2008) mempertegas hasil yang diperoleh dari penelitian yang dikerjakan oleh Waluyo dkk (2006) tapi dengan menggunakan material insulator yang permukaannya telah dikontaminasi (terpollusi). Kamel dkk (2008) dalam penelitiannya mempertimbangkan medium dielektrik permukaan *insulator* yang telah terpollusi, hasilnya menunjukkan bahwa medan listrik yang dekat / disekitar tetesan air menjadi lebih tinggi seiring dengan penambahan diameter tetesan air dan menjadi lebih rendah ketika nilai *permittivity* relatif bahan lapisan pollutannya dipertambahkan.

Sarang dkk. (2008) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh tetesan air (*water droplets*) pada bidang permukaan insulator untuk pasangan luar (*outdoor*). Simulasi dilakukan dengan memvariasikan jumlah tetesan air, posisi relatif tetesan air, dan sudut kontak tetesan air pada bidang permukaan *insulator*. Simulasi ini menggunakan paket komputer dalam analisis medan listrik 3 dimensi. Penelitian Sarang dkk (2008) menentukan intensitas medan listrik maksimum yang mempunyai hubungan dengan lokasi dari tetesan air (dan juga tetesan air yang lainnya juga) pada permukaan insulator. Hasil penelitian Sarang dkk (2008) menunjukkan bahwa kehadiran air pada permukaan insulator akan meningkatkan intensitas medan listrik sehingga akan terjadi tembus listrik (*electrical breakdown*) dan atau lewat denyar (*flashover*) pada level tegangan operasional yang disekat oleh *insulator*. Penelitian tentang insulator untuk pasangan luar (*outdoor*) telah diteliti oleh Basappa dkk (2008) dengan menempatkan tetesan air di atas permukaan insulator tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya tetesan air di atas permukaan insulator akan menciptakan lokasi intensitas medan listrik yang tinggi yang merupakan wilayah di mana kerusakan listrik akan dimulai.

Sarang dkk (2009) menyebutkan bahwa terjadinya tetesan air pada isolator pasangan luar baik karena hujan, kabut, embun dll mengarah pada peningkatan medan listrik lokal yang menyebabkan tembus listrik sebagian (*partial discharge*) dan busur api listrik pada kondisi kering yang pada akhirnya menghasilkan lewat denyar lengkap. Kehadiran lapisan hidrofobik (*hydrophobik* adalah pengurangan daya tarik terhadap air atau cenderung untuk menghalau air atau tidak menyerap air) (misalnya lapisan *room temperature vulcanization*, RTV) akan menghambat pembentukan lapisan tipis air dan oleh karena itu menyebabkan pembentukan partikel air diskrit yang kurang begitu berbahaya. Dalam penelitian Sarang (2009) ada dua kasus yang diselidiki. Kasus pertama mengacu pada kasus hidrofobik di mana tetesan air berada sebagai tetesan air diskrit pada *silicon rubber* (SiR).

Kasus kedua adalah ketika tetesan air menyatu dan membentuk sebuah lapisan tipis karena berkurangnya sifat hidrofobik. Set pertama simulasinya mempertanyakan peran tunggal tentang tetesan air, beberapa tetesan air diskrit pada curahan air dan wilayah lapisan dalam meningkatkan medan listrik. Set kedua simulasinya mencari pengaruh lapisan tipis air di wilayah curahan air.

Isolator tegangan tinggi (138 kV) yang terbuat dari *silicon rubber* (SiR) akan ditinjau untuk melakukan perhitungan medan listrik. Set pertama hasilnya menunjukkan bahwa tetesan air di wilayah lapisan sangat berkontribusi terhadap peningkatan probabilitas inisiasi (inisiatif) dan perkembangan lewat denyar (*flashover*) pada kondisi ba sah di permukaan isolator. Set kedua simulasinya mengungkapkan bahwa adanya pengintensifan medan listrik E yang lebih banyak ketika ada pengurangan sifat hidro- fobik pada insulator *silicon rubber* (SiR) jika dibanding kan dengan kasus tetesan diskrit. Simulasi dilakukan dengan bantuan paket analisis medan listrik 3 dimensi (Sarang dkk, 2009). Pengaruh tetesan air / lapisan tipis air juga akan menyebabkan tembus listrik (*electrical breakdown*) pada *insulator* diberbagai tingkatan (level) hidrofobisitas (*hydrophobicity*) (Sarang dkk, 2010).

Sarang dkk (2011) juga mengamati pengaruh (*effect*) tetesan air pada permukaan *insulator overhead* (jenis : porselein dan *silicon rubber*, SiR) dan kontribusinya terhadap pendistribusian medan listrik yang timbul disekitar tetesan air tersebut dan mengamati efek pada pendistribusian medan listrik pada saat kehadiran multi tetesan air dibahas dengan memvariasikan jumlah tetesan air, posisi relatifnya, dan kontak sudut yang tercipta pada tetesan airnya

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mema hami seberapa besar pengaruh kehadiran kabut embun yang berupa tetesan butir air (*droplets*) terhadap bentuk dan pola pajanan medan listrik di bawah jaringan saluran udara tegangan ekstra tinggi – 500 kV dan seberapa besar terjadi perubahan magnitud intensitas medan listrik dalam satuan (V/m). Tetesan butir air disini direpresentasikan sebagai tingkat prosentase kandungan butir air di dalam ruang/celah antara konduktor fasa, kawat tanah, dan permukaan tanah.

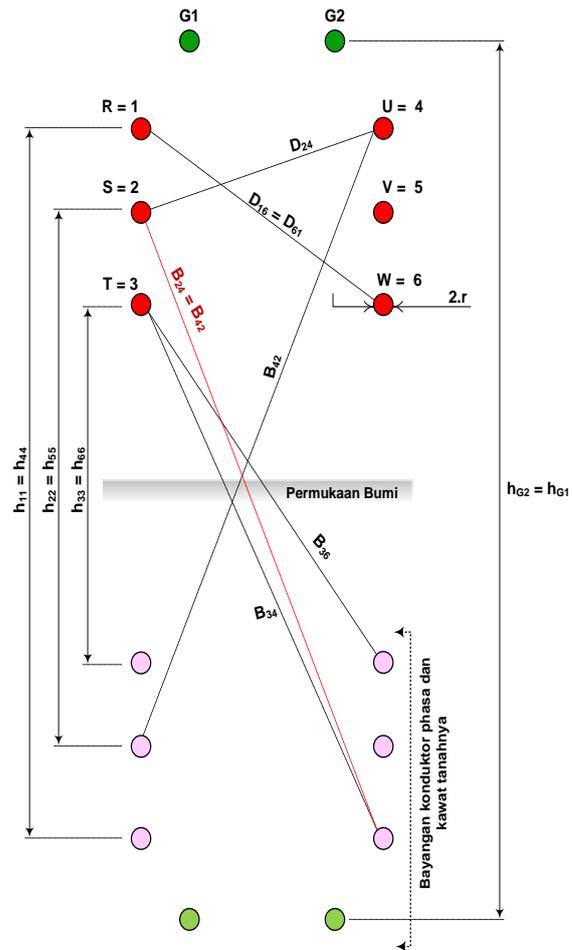
2. Metode

Metode penelitian adalah metoda simulasi dengan beberapa *modelling* matematik/persamaan, *modelling* desain struktur SU TET dalam kondisi berkabut embun/hujan. Model persamaan terdiri dari : Persamaan elektrosttik yang disesuaikan dengan struktur dan dimensi SUTET-500 kV, Membuat model matriks koefisien potensial *maxwell*[P] yang elemennya 64 elemen matriks dengan ukuran matriks bujursangkar (8 × 8) yang disebut sebagai model matriks koefisien potensial *Maxwell* (MKPM). Elemen matriks ini dipeoleh melalui metoda dwikutub (*dipole*) dengan menggunakan konsep konduktor

bayangan dimana permukaan tanah sebagai cermin datar (gbr. 1) dengan struktur SUTET terdiri dari 6 konduktor fasa dan 2 kawat tanah udara (Epri, 1975).

$$P_{11} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{0.5 \times h_{11}}{d_1}$$

$$P_{12} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{B_{12}}{D_{12}} \text{ dst sampai dgn } P_{G2,G2}$$



Gambar 1 Konfigurasi Konduktor fasa dan Kawat Tanah dengan Bayangannya

Setelah mendapatkan nilai P maka dapat disusun matriks KPM dengan ukuran (8 × 8) sebagai berikut,\

P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P _{1-G1}	P _{1-G2}
P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P _{2-G1}	P _{2-G2}
P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	P ₃₆	P _{3-G1}	P _{3-G2}
P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P ₄₅	P ₄₆	P _{4-G1}	P _{4-G2}
P ₅₁	P ₅₂	P ₅₃	P ₅₄	P ₅₅	P ₅₆	P _{5-G1}	P _{5-G2}
P ₆₁	P ₆₂	P ₆₃	P ₆₄	P ₆₅	P ₆₆	P _{6-G1}	P _{6-G2}

P _{G1-1}	P _{G1-2}	P _{G1-3}	P _{G1-4}	P _{G1-5}	P _{G1-6}	P _{G1-G1}	P _{G1-G2}
P _{G2-1}	P _{G2-3}	P _{G2-3}	P _{G2-4}	P _{G2-5}	P _{G2-6}	P _{G2-PG1}	P _{G2-G2}

2.1 Metode Pengumpulan Data

Data yang diperlukan berupa data desainer dan data alam. Data desainer berupa ketinggian konduktor (diukur melalui instrumen theodolit-meter di lapangan), Lebar *span tower* Data dimensi konduktor digunakan untuk membuat model MKPM. Data alam yaitu : temperatur setempat, kelembaban, tekanan atmosfer, kondisi cuaca (cerah atau hujan/ berkabut embun), kontur permukaan tanah di bawah jaringan : datar, bergelombang, atau daerah persawahan dan beberapa foto untuk menunjukkan kondisi disekitar SUTET.

Data intensitas medan listrik yang didapat disusun dalam bentuk tabel dan diseleksi berdasarkan kebutuhan investasi untuk mengetahui dampak pengaruh kabut embun / hujan terhadap intensitas dan paparan medan listrik di bawah jaringan SUTET-500 kV..

2.2 Metoda Analisis Data

Data yang sudah diperoleh (data kuantitatif) dimasukkan ke dalam model persamaan/formulasi yang sudah direlevan dengan model struktur SUTET yang dilengkapi dengan model *permittivity* gabungan antara dielektrik udara dan butiran-air (*droplets*).

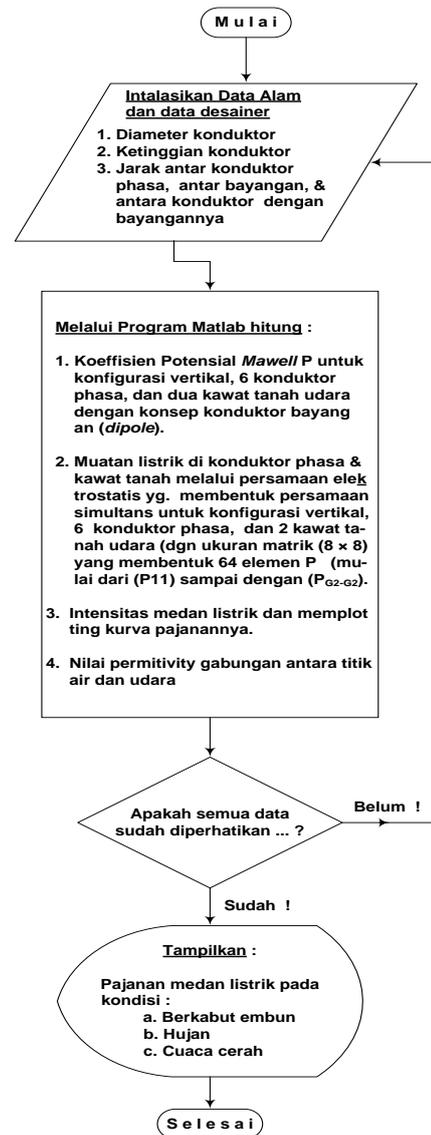
Kemudian, langkah berikutnya adalah membuat persamaan elektrostatis berdasarkan model struktur SUTET, yaitu mempunyai 6 konduktor fase dan 2 kawat tanah jadi mendapatkan $n = 6 + 2 = 8$ persamaan dengan 'n=8' variabel muatan (Q) yang tidak diketahui yang membuat persamaan simultan. Dari persamaan simultan ini dapat dihitung besarnya muatan listrik (Q) yang ada terkandung di dalam konduktor fase dan kawat tanah. Muatan Q inilah yang dimasukkan ke dalam model formulasi untuk menentukan paparan (*exposure*) dan magnitud intensitas medan listrik yang ditimbulkan oleh SUTET-500 kV Gabusan, Sewon, Jl. Parangteritis km. 9 Bantul – Yogyakarta.

Sampai disini dilakukan pengaturan *modelling* pada formulasi dan persamaan dalam rangka penentuan medan listrik dengan cara simulasi dan memanipulasi kondisi model yang diorientasikan ke tujuan dari penelitian simulasi ini. Ada proses iterasi disini dalam perhitungan medan listrik di setiap titik di permukaan tanah. Iterasi dihentikan apabila semua titik titik yang dimodelkan sudah diperhatikan (dihitung melalui komputer sebagai simulasi).

Program komputer yang digunakan adalah *Language of Technical Computing Matlab* versi R2013a yang telah diinstallkan ke dalam *software for Windows*. Tentunya Model program yang dibuat mengikuti tujuan yang hen

tidak dicapai dalam penelitian simulasi ini. Program mengandung beberapa fasilitas *statement* untuk : *plotting*, grafik kurva, pembuatan tabel, dan beberapa *statement* kalang *Do Loop* untuk memenuhi proses eksekusi perhitungannya iterasi. Secara keseluruhan program ini terdiri dari tidak kurang 1000 baris *statement* yang digunakan.

Berikut di bawah ini *flowchart* dari metode simulasi yang dikerjakan oleh komputer sekaligus sebagai simulasinya.



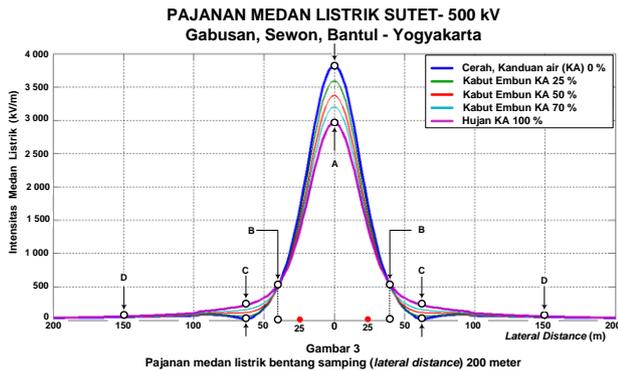
Gambar : 2
Flow chart metoda dan urutan proses yang dikerjakan oleh komputer

Eksekusi *running* dihentikan apabila semua data sudah diperhatikan dan kontur medan listrik telah tergambar.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi paparan medan listrik di permukaan tanah dibentangkan secara bentang samping (*lateral distance*) dengan jarak ke kiri dan ke kanan dari poros menara (*tower*) SUTET sejauh 200 meter. Paparan medan listrik ini dirinci sebagai :

1. Pajanan medan listrik untuk cuaca cerah dengan kandungan butir air di udara 0 %.
2. Pajanan medan listrik untuk cuaca dengan kandungan butir air di udara 25 %.
3. Pajanan medan listrik untuk cuaca dgn kandung an butir air di udara 50 %.
4. Pajanan medan listrik untuk cuaca dgn kandung an butir air di udara 70 %.
5. Pajanan medan listrik untuk cuaca dengan kandungan butir air di udara 100 % (kondisi hujan).

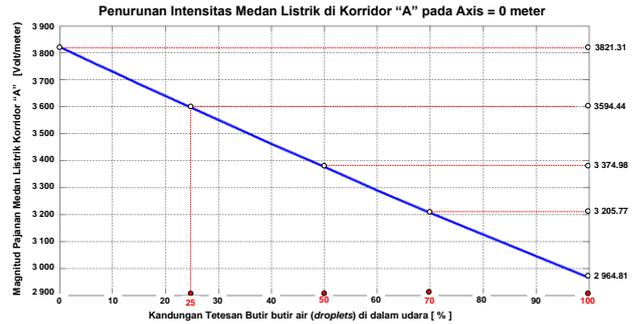


Berdasarkan gambar 3, bentuk pajanan dan besar intensitas medan listrik pada korridor A menurun seiring dengan pertambahan kandungan air yang ada di ruang di bawah jaringan SUTET. Posisi korridor A ini terletak pada poros menara (*tower*) SUTET, yaitu pada axis nol meter. Nilai intensitas medan listrik pada korridor A akan menurun secara kontinyu dan pada korridor B dengan kandungan air di udara 25 %, 50 %, 70 % dan 100 % intensitas medan listriknya akan sama besar. Pada Korridor C medan listriknya meningkat dan berbanding lurus dengan kandungan air di udara. Sampai di korridor D intensitasnya menjadi sama besar walaupun dengan prosentase kandungan air yang berbeda. Titik korridor B, C, dan korridor D masing masing terletak sejauh : 36 m, 62 m, dan 150 meter dari poros menara.

3.1 Perubahan Intensitas Medan Listrik pada Korridor “A”

Medan listrik tertinggi intensitasnya jatuh pada axis 0 meter dari poros menara (*tower*) yang disesuaikan dengan prosentase kandungan air di dalam udara :

Kandungan air 70 % medan listrik = 3.205 kV/m
 Kandungan air 100 % medan listrik = 2.964 kV/m



Gambar 4 Penurunan angka Intensitas Medan Listrik pada Korridor “A” Disebabkan Kabut embun air / hujan

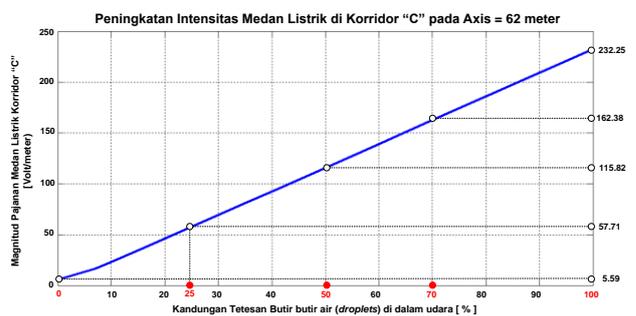
Kandungan air 0 % medan listrik = 3.821 kV/m
 Kandungan air 25 % medan listrik = 3.594 kV/m
 Kandungan air 50 % medan listrik = 3.374 kV/m

Gambar 4 menunjukkan terjadi penurunan tingkat intensitas medan listrik setelah ada kehadiran tetesan butir air dalam bentuk kabut embun dengan prosentase kandungan air sebesar 25 %, 50 %, 70 %, dan 100 % (kondisi hujan).

Kandungan butiran air (*droplets*) 25 % di dalam medium udara menurunkan angka intensitas medan listrik pada korridor “A” menjadi 3594.44 Volt/meter atau medan listriknya berkurang sebesar 226.87 Volt/meter (5.94 %). Demikian juga pada kandungan droplet 50 %, 70 %, dan 100 % (kondisi hujan), masing masing angka intensitas medan listriknya turun sebesar 446.33 V/m (11.68 %), 615.54 V/m (16.11 %), dan 856.50 V/m (22.41 %). Seluruh kondisi ini berbanding terbalik dengan angka kandungan butiran-air di dalam medium udara yang mengisi ruang (*space*) di bawah jaringan SUTET-500 kV Gabusan (gbr. 4).

3.2 Perubahan Intensitas Medan Listrik pada Korridor “C”

Perubahan intensitas medan listrik pada titik korridor “C” (gbr. 5) bersifat berbanding lurus dengan tingkat variabel



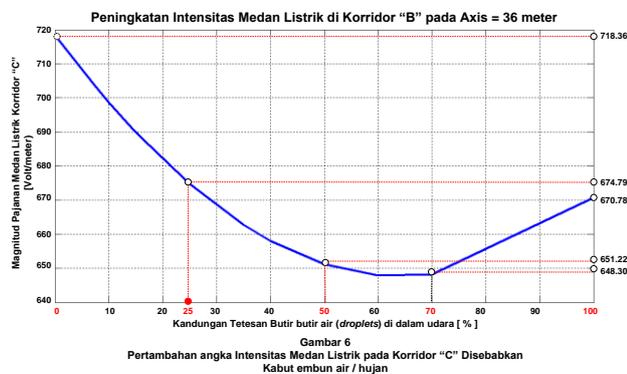
Gambar 5 Peningkatan angka Intensitas Medan Listrik pada Korridor “C” Disebabkan Kabut embun air / hujan

kandungan tetesan butir air (*droplets*) yg. mengisi ruang di bawah jaringan SUTET-500 kV. Untuk tingkatan *droplets* 25 % mampu menaikkan intensitas medan listrik dari 5.59 Volt/m (dalam cuaca cerah) menjadi 57.71 Volt/m (dengan *droplets* 25 %) Sedangkan pada cuaca dengan kandungan butir air 50 %, 70 % dan 100 %

(hujan), medan listriknya meningkat masing masing menjadi 115.82 Volt/meter, 162.38 Volt/meter dan 232.25 Volt/meter. Akan tetapi kenaikan tingkat intensitas medan listrik ini tidak / belum melampaui kondisi tembus listrik diudara (*breakdown*) yaitu sebesar 3 MV/m = 3 kV/mm. Korridor C terletak sejauh 62 meter dari poros menara (*tower*) SUTET. Perubahan atau fluktuasi medan listrik di titik korridor C ini secara keseluruhan dapat di gambarkan melalui gambar 5. Sedangkan untuk perubahan medan listrik pada korridor B (terletak sejauh 36 meter dari poros menara SUTET) dan korridor D (150 meter dari poros menara SUTET) tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan tingkat perubahan intensitas medan listrik yang terjadi di korridor A dan koridor C.

3.3 Intensitas Medan Listrik pada Korridor “B”

Perubahan intensitas medan listrik pada titik korridor “B” hampir membentuk kurva parabola (gbr. 6).

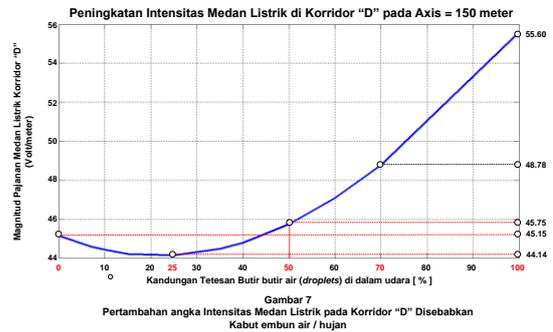


Perubahan intensitas medan listrik pada titik korridor “B” hampir membentuk kurva parabola (gbr. 4-4). Pada korridor B terjadi penurunan nilai medan listrik, namun penurunan ini pada kandungan tetesan butir air (*droplets*) 100 % atau ketika terjadi hujan, memicu kenaikan angka intensitas medan listrik kembali menjadi 670.78 Volt/meter. Medan listrik pada korridor B mengalami penurunan pada kisaran *droplets*, 25 %, 50 %, dan 70 % yaitu masing masing sebesar : 674.79 V/m, 651.22 V/m dan 648.30 V/m atau masing masing terjadi penurunan sekitar 6.06 %, 9.35 % dan 9.75 %. Sedangkan pada kondisi cerah dengan *droplets* 0 % intensitas medan listrik dititik korridor B sebesar 718.36 Volt/meter. Korridor B terletak sejauh 36 meter dari titik poros *tower* SUTET. Terjadi ke- naikan intensitas medan listrik pada kondisi *droplets* 70 % pada korridor B ini adalah dikarena efek ‘superposisi’ dari medan listrik yang ditimbulkan oleh 6 konduktor fhasanya yang terkonfigurasi horizontal. Efek superposisi ini juga terjadi pada korridor A, C dan koridor D.

3.4 Intensitas Medan Listrik pada Korridor “D”

Intensitas medan listrik pada korridor D kurvanya berbentuk parabola naik sedangkan medan listrik di korridor B berbentuk kurva parabola menurun. Pada saat kondisi cuaca cerah (*droplets* 0 %) intensitas medan listrik di

korridor D mencapai 45.15 Volt/ meter. Namun pada *drop*



lets 25 % medan listriknya turun menjadi 44.14 Volt/meter (turun 2.24 %). Sebaliknya pada *droplets* 25 %, 50 %, 70 %, dan 100 %, intensitasnya meningkat tajam masing masing menjadi 45.75 V/m, 48.78 V/m, dan 55.60 V/m atau masing masing mengalami kenaikan sebesar 1.31 %, 7.44 %, dan 23.14 %. Korridor D terletak sejauh 150 meter dari poros menara (*tower*) SUTET

3.4 Distribusi Pajanan Medan Listrik

Secara keseluruhan distribusi pajanan medan listrik disetiap korridor (A, B, C, dan korridor D) yang telah dideskripsikan di atas dapat diringkas melalui tabel : 3-1 berikut.

Tabel : 1
Besarnya Intensitas Medan Listrik disetiap korridor (A, B, C, dan korridor D)

Korridor	LD	BESAR INTENSITAS MEDAN LISTRIK (Volt/meter)				
		KA = 0 %	Cuaca Berkabut Embun			KA = 100 %
			KA = 25 %	KA = 50 %	KA = 70 %	
A	0	3821.31	3594.4	3374.9	3205.7	2964.8
B	36	718.36	674.79	651.22	648.30	670.78
C	62	5.59	57.71	115.82	162.38	232.25
D	150	45.15	44.14	45.75	48.78	55.60

Catatan : KA = Kandungan butir air (*droplets*) di udara.
LD = Lateral-Distance (bentang samping).

4. Kesimpulan

Hasil penelitian simulasi ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang diinventarisir dari pembahasan di atas,

- Pengaruh dari tetesan butiran kecil air (*droplets*) ke dalam kawasan bermedan listrik dapat mempengaruhi :
 - Magnitud intensitas medan listrik
 - Bentuk pajanan (*exposure*) medan listrik pada permukaan tanah.
- Tetesan butir air (*droplets*) disetiap korridor (A, B, C, dan koridor D) dapat meningkatkan dan juga dapat menurunkan tingkat intensitas medan

listrik. Fenomena ini disebabkan oleh konfigurasi konduktor-konduktor fasanya yang menimbulkan sifat “superposisi” satu sama lainnya.

3. Peningkatan tingkat (*level*) intensitas medan listrik SUTET-500 kV Gabusan, Sewon Bantul – Yogyakarta tidak melebihi kekuatan tembus delektrik medium udaranya (demikian juga pada waktu berkabut embun / hujan atau pada cuaca cerah) atau tidak melebihi angka 3 MV/m atau 3 kV/mm.

Daftar Pustaka

- Basappa, P. ; Lakdawala, V. Sarang, B. Mishra, A., 2008 “Simulation of Electric Field distribution around water droplets on outdoor insulator surfaces”, the 2008 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI), 9-12 June 2008, p. : 50 – 54, Vancouver, British Columbia (BC) – Canada (CND).
- Epri, 1975, “Transmission Line Reference Book 345 kV and above”, edisi ... ?, pp. 248 – 280 Electric Power Research Institute, Palo-Alto, California, (CA), United State of America (USA)..
- International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection association, “Interim Guidelines of Exposure to 50 / 60 Hz electric and Magnetic Fields”, Health Physics, vol. 58, No. 1 Jan., hal : 113 – 122, 1990.
- Israel, H., 1973, “Atmospheric Electricity”, Springfield, VA, US Department of Commerce, National Technical Information Service.
- Kamel, M.Y ; • El-Wakeel, A.S. ; AbouelSaad, M., 2008, “Influences of Water Droplet Size and Pollution Layer Permittivity on The Electric Field and Potential Distribution and a polluted Insulator Surface”, Proceedings of ICEENG’ 06, the 6th International Conference on Electrical Engineering Mei 2008, Military Technical College, Cairo – Egypt (EGY).
- Prasad, NR., dkk, 1976, “Fundamentals of Electrostatic and Magnetostatic Transmission Line Field”, the IEEE-PES Summer Meeting, the IEEE transmission and Distribution Committee of the IEEE Power Engineering Society, July 18-23, hal.1-9, Portland, Oregon – United State of America (USA)..
- Sarang, B.; Basappa, P.; Lakdawala, V., 2008, “Electric field calculations of wet Insulating surfaces”, The IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), 26-29 Oct. 2008, p. : 228 – 231, Quebec (QC) – Canada (CND).
- Sarang, B.; Lakdawala, V.; Basappa, P., 2009, “Electric field calculations on a high voltage insulator under wet conditions”, Electrical Insulation Conference, EIC 2009., IEEE., May 31 - 2009 - June 3 2009, p. : 86 – 90, Montreal City, Quebec (QC) Canada (CND).
- Sarang, B. ; Basappa, P. ; Lakdawala, V., 2010, “Effect of water droplets and water films on the electrical performance of practical outdoor insulators”, The 2010 IEEE International Symposium on Electrical Insulation (ISEI), 6 – 9 June 2010, p.: 01 – 06, San Diego, California (CA) – United State of America (USA).
- Sarang, B.; Basappa, P.; Lakdawala, V.; Shivaraj, G, 2011 “Electric field computation of water droplets on a model insulator”, Electrical Insulation Conference (EIC) 5-8 June 2011, p. : 377 – 381, Annapolis, Maryland (MD) – United State of America (USA).
- Suess, MJ., and Morison, B., DA., 1989, “Nonionizing Radiation Protection”, Edition 2, pp. 178 – 181, Published in cooperation with WHO collaborating centre at the Bureau of Radiation and Medical Device Environmental Health Directorate Health and Welfare Canada, Ottawa – Canada (CND).
- Waluyo ; Pakpahan, P.M. ; Suwarno, 2006, “Influences of Waterdroplet size and Contact Angle on the Electric Field and Potential Distributions on an Insulator Surface”, The IEEE 8th International Conference on Properties and applications of Dielectric Materials (ICPADM) June 2006, p.:889- 892, Bali –Indonesia (INA).