

ANALISIS DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK PADA ISOLATOR GANTUNG JENIS POLIMER AKIBAT PENGARUH KONTAMINAN

Daniar Fahmi, I Made Yulistya, Dimas Anton Asfani, Yusrizal Afif

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: daniarfahmi@ee.its.ac.id

Abstrak—Paper ini menyelidiki distribusi medan listrik pada isolator gantung berbahan polimer ketika isolator tersebut terkena kontaminan. Isolator gantung yang dianalisis mempunyai inti gelas dan akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak berbasis FEM (Finite Element Method). Kontaminan yang digunakan adalah air laut. Simulasi dilakukan dengan membandingkan kondisi medan listrik pada permukaan isolator yang terkontaminasi air laut dengan kondisi normal. Selain itu, juga akan dianalisis pengaruh sudut kontak terhadap karakteristik distribusi medan listrik di isolator. Oleh karena itu, bentuk kontaminan divariasikan dengan mempertimbangkan sudut kontak. Kemudian, untuk mengetahui pengaruh lebih dalam, analisis dilakukan di tiga tempat yang berbeda, yaitu pada bagian inti, permukaan isolator dan sirip terdekat dengan tegangan kerja isolator. Dari analisis yang dilakukan, diketahui bahwa kontaminan yang menempel tidak banyak mempengaruhi persebaran medan listrik pada bagian inti, namun menjadi sangat berpengaruh pada persebaran medan listrik di permukaan isolator dan sirip terdekat dengan tegangan kerja isolator. Lebih jauh lagi, sudut kontak dari kontaminan mempengaruhi besar dan karakteristik dari persebaran medan listrik secara signifikan.

Kata Kunci : Batang Inti Bahan Gelas, Isolator Gantung Polimer, Kontaminan Air Laut, Sudut Kontak

Abstract— The paper investigates the electric field distribution in polymer suspension insulator when exposed to contaminants. The analyzed suspension insulator has glass core and will be simulated using FEM (Finite Element Method) software. Contaminant used is sea water. Simulations carried out by comparing the condition of the electric field on the surface of the insulator which is contaminated by seawater with normal conditions. In addition, the influence of the contact angle on the characteristics of the electric field distribution in insulators will also be analyzed. Therefore, the shape of contaminants are varied by considering the contact angle. Then, to determine the deeper influence of contaminant, the analysis is carried out in three different places, which is the core part, the surface of the insulator and the fin closest to the working voltage insulator. From the conducted analysis, it is known that the contaminants are not much affected the electric field distribution at the core, but became very influential in the distribution of the electric field at the surface of the insulator and the fin closest to the working voltage insulator. Furthermore, the contact angle of contaminants affects the characteristics of the distribution of the electric field significantly.

Keywords : Glass Core Rod, Polymer Suspension Insulator, Sea Water Contaminant, Contact Angle

1. PENDAHULUAN

Isolator gantung (*Suspension type*) adalah salah satu isolator yang sering digunakan pada sistem transmisi dan distribusi. Isolator ini berfungsi sebagai pengisolir antara kawat penghantar dengan tower agar arus dan tegangan tidak mengalir pada tower, serta menahan gaya tarik kawat penghantar [1,2]. Secara umum bahan yang digunakan untuk isolator gantung adalah porselin dan gelas. Tetapi isolator dengan bahan polimer mulai banyak digunakan sebagai pengganti kedua bahan tersebut. Hal ini dikarenakan, isolator berbahan polimer memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan

porselin dan gelas [3]. kelebihan isolator polimer antara lain memiliki massa jenis yang lebih ringan, sifat dielektrik dan sifat termal yang lebih baik dibandingkan bahan porselin dan gelas [4]. Isolator polimer juga memiliki sifat kedap air (*hydrophobik*), dimana sifat ini tidak dimiliki isolator dengan bahan porselin dan gelas sehingga isolator berbahan polimer lebih efektif bila digunakan pada daerah yang memiliki tingkat kontaminan yang tinggi seperti perkotaan/industri dan pesisir pantai [5,6].

Bahan pada konstruksi isolator gantung berpengaruh pada kekuatan dielektrik isolator tersebut. Bahan polimer digunakan sebagai

Pembungkus (Sead) isolator untuk mengurangi efek kontaminasi luar seperti air, pasir atau debu yang dapat mengurangi kemampuan dielektrik isolator. Selain pembungkus, pada isolator polimer juga terdapat Batang Inti (Core Rod). Batang inti berfungsi untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan dielektris isolator [7].

Selain bahan isolator, kemampuan dielektrik isolator juga dipengaruhi oleh tingkat kontaminan dan kondisi permukaan isolator tersebut. Semakin berat tingkat kontaminan yang menempel, maka akan sangat mempengaruhi nilai medan listrik pada isolator itu sendiri. Nilai medan listrik juga akan berubah ketika terjadi kerusakan atau terdapat rongga udara pada permukaan isolator tersebut.

Pada paper ini, akan dilakukan analisis menggunakan simulasi berbasis Finite Element Method (FEM) untuk menganalisis distribusi medan pada isolator gantung berbahan polimer dengan bahan batang inti gelas dengan membandingkan kondisi medan listrik pada permukaan isolator yang terkontaminasi air laut dengan kondisi normal. Dengan kontaminasi air laut tersebut, akan dilihat pengaruh sudut kontak butiran kontaminan air laut terhadap kondisi medan listrik isolator.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ESDD (Equivalent Salt Density Deposit)

Tingkat polutan garam yang berada pada permukaan isolator dapat mempengaruhi kemampuan dielektrik isolator tersebut. Menurut standar IEC 815, bobot polusi isolator ditetapkan menjadi empat, yaitu ringan, sedang, berat dan sangat berat. Metode umum yang digunakan untuk menentukan tingkat polusi adalah metode ESDD (Equivalent Salt Density Deposit) dan metode tinjauan lapangan [8].

Penentuan tingkat polusi isolator pada metode ESDD berdasarkan standart IEC 815 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat polusi esdd berdasarkan standart IEC 815 : 1986

Tingkat Polusi	ESDD Maksimum (mg/cm ³)
Ringan	0.03 - 0.06
Sedang	0.01 - 0.2
Berat	0.3 - 0.6
Sangat Berat	> 0.80

Faktor koreksi b pada suhu antara 5 – 30oC yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan IEC 507 : 1991.

Tabel 2. Nilai faktor korelasi berdasarkan IEC 507 : 1991

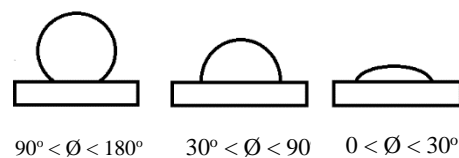
θ (°C)	b
5	0.03156
10	0.02817
20	0.02277
30	0.01905

Untuk faktor korelasi antara 5 – 30°C yang tidak tercantum pada tabel, dapat dihitung menggunakan interpolasi.

2.2 Pembentukan Sudut Kontak Pada Butir Air

Sudut kontak (θ) merupakan sudut yang terbentuk antara permukaan isolator dengan air yang berada pada permukaan isolator. Besar sudut kontak yang terbentuk mempengaruhi sifat hidrofobik bahan isolator. Apabila nilai hidrofobik isolator berkurang, maka kemampuan dielektrik isolator pun berkurang [9].

Pembentukan sudut kontak pada permukaan isolator dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam. Pertama saat permukaan isolator tidak basah, pada kondisi ini sudut kontak yang terbentuk antara butir air dengan permukaan isolator pada interval 90 s/d 180 derajat. Kondisi kedua saat basah sebagian, pada kondisi ini sudut kontak yang terbentuk antara butir air dengan permukaan isolator 30 s/d 89 derajat. Kondisi ketiga saat basah keseluruhan, sudut kontak yang terbentuk kurang dari 30 derajat.



Gambar 1. Pembentukan sudut kontak pada permukaan Isolator

3. METODOLOGI DAN SIMULASI

3.1 Metode Element Hingga (FEM)

Metode yang digunakan untuk menganalisis nilai distribusi medan pada studi

ini adalah metode elemen hingga (FEM). Prinsip dasar dari metode elemen hingga adalah proses diskretisasi. Dalam proses diskretisasi, suatu benda atau daerah yang dianalisis dibagi kedalam bentuk mesh (kumpulan elemen) yang saling terhubung, dan kemudian dimodelkan kedalam bentuk satu, dua atau tiga dimensi [9,10].

Nilai potensial listrik (V) juga berhubungan erat dengan kerapatan flux listrik (D). Dengan menggunakan persamaan Maxwell, dapat diketahui hubungan nilai potensial listrik dengan kerapatan flux [11].

$$\nabla \cdot D = \rho_v \tag{1}$$

Hubungan D dan E,

$$D = \epsilon_0 \epsilon_r E \tag{2}$$

Bila polarisasi dianggap nol, diperoleh persamaan,

$$\nabla \cdot \nabla V = -\frac{\rho_v}{\epsilon} \tag{3}$$

Dengan E merupakan intensitas medan magnet (V/m), V merupakan potensial listrik (V) dan D merupakan kerapatan fluks listrik (C/m²)

Gradien potensial pada persamaan poisson (3) dapat di uraikan menjadi persamaan berikut :

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} a_x + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} a_y + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} a_z = -\frac{\rho_v}{\epsilon} \tag{4}$$

Bila ρ_v sama dengan nol, dengan kondisi muatan titik dan kerapatan muatan permukaan digunakan sebagai kondisi batas dan sumber medan, maka :

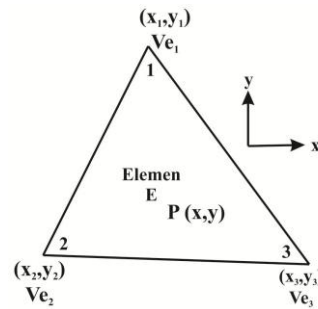
$$\nabla \cdot \nabla V = 0 \tag{5}$$

Persamaan (6) merupakan persamaan *laplace*. Dan bila dirumuskan dalam koordinat cartesius, maka bentuk persamaan *laplace* adalah :

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} a_x + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} a_y + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} a_z = 0 \tag{6}$$

Dalam menyelesaikan perhitungan distribusi medan listrik menggunakan metode elemen hingga, isolator dibagi kedalam bentuk elemen segitiga. Dengan memperkirakan

potensial listrik (V) pada tiap elemen segitiga, maka akan diketahui nilai distribusi medan pada isolator. Nilai potensial listrik terletak pada titik yang terdapat pada tiap sudut segitiga. Setelah nilai potensial listrik pada setiap elemen segitiga diketahui. Lalu tiap elemen segitiga dihubungkan dengan segitiga yang lain dengan bentuk dan dimensi yang berbeda. Sehingga akan didapatkan nilai potensial listrik pada tiap-tiap titik pada isolator.



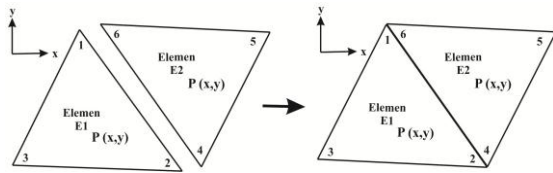
Gambar 2. Element segitiga pada suatu domain

Persamaan untuk mengetahui energi pada medan elektrostatis dapat ditulis sebagai metrik kuadrat :

$$W_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r V^T S V \tag{7}$$

Dengan mengetahui nilai permitivitas relatif (ϵ_r), permitivitas ruang hampa (ϵ_0), matriks potensial listrik (V) dan transpose matriks V (T) maka energi pada medan elektrostatis (W_E) dapat diketahui.

Setelah isolator didiskretisasi menjadi bentuk elemen segitiga, maka dapat dilakukan perhitungan potensial listrik pada seluruh bagian isolator dengan menggabungkan tiap-tiap elemen segitiga menjadi satu dimensi yang utuh. Dari nilai potensial listrik pada setiap penggabungan elemen segitiga, dapat diketahui nilai medan listrik (E), kerapatan fluks (D) dan energi (W) pada isolator.



Gambar 3. Penggabungan dua element segitiga

Energi pada element yang saling terhubung adalah :

$$W = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r V_{con}^T S V_{con} \tag{8}$$

Dengan,

$$S = C^T S_{dis} C \tag{9}$$

Persamaan 8 dan 9 merupakan matriks koefisien dari segitiga yang saling terhubung. Matriks koefisien dari penggabungan dua element segitiga seperti pada gambar 3 adalah :

$$S = \begin{bmatrix} S_{11}^{(1)} + S_{66}^{(2)} & S_{12}^{(1)} + S_{64}^{(2)} & S_{13}^{(1)} & S_{65}^{(2)} \\ S_{21}^{(1)} + S_{46}^{(2)} & S_{22}^{(1)} + S_{44}^{(2)} & S_{23}^{(1)} & S_{45}^{(2)} \\ S_{31}^{(1)} & S_{32}^{(1)} & S_{33}^{(1)} & 0 \\ S_{56}^{(1)} & S_{54}^{(1)} & 0 & S_{55}^{(2)} \end{bmatrix} \tag{10}$$

3.2 Kontaminan Air Laut pada Permukaan Isolator

Untuk mengetahui nilai ESDD, nilai konduktifitas air dengan polutan garam harus diketahui. Perhitungan nilai konduktifitas air menggunakan persamaan (11).

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b(\theta - 20)] \tag{11}$$

Untuk merubah konduktifitas pada suhu σ_{θ} menjadi konduktifitas pada suhu 20°C, dapat menggunakan persamaan (11) dengan mengetahui faktor korelasi b pada suhu θ .

$$S_a = (5.7 \times \sigma_{20})^{1.03} \tag{12}$$

Dari persamaan (2), maka nilai ESDD dapat diketahui :

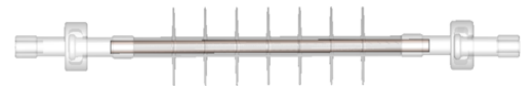
$$ESDD = \frac{S_a \times V}{A} \tag{13}$$

Dengan mengetahui volume air (V), salinasi garam (S_a) dan luas isolator yang

dikenai kontaminan (A). Maka dapat dihitung nilai ESDD pada suatu kontaminan garam.

3.3 Pemodelan Isolator Gantung Bahan Polimer

Pemodelan isolator merupakan pemodelan bentuk nyata sebuah isolator gantung polimer berbahan inti gelas yang digambarkan secara tiga dimensi dalam sebuah perangkat lunak. Pemodelan ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan distribusi medan listrik pada kedua jenis inti isolator pada saat kondisi normal dan terkontaminasi serta melihat pula distribusi medan listrik pada permukaan isolator.



Gambar 4. Inti isolator bahan gelas

Terdapat tiga parameter yang dibandingkan dalam simulasi ini. Parameter pertama saat isolator dalam kondisi normal, kedua saat isolator terdapat kontaminan I, dan ketiga saat isolator terdapat kontaminan II (basah keseluruhan) $0^\circ < \theta < 30^\circ$. Kontaminan I dideskripsikan sebagai kontaminan air laut yang menempel dalam bentuk butiran dengan sudut kontak $30^\circ < \theta < 89^\circ$, sedangkan Kontaminan II dideskripsikan sebagai kontaminan air laut yang menempel secara menyeluruh membasahi permukaan isolator dengan sudut kontak $0^\circ < \theta < 30^\circ$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan memaparkan hasil simulasi dan analisis hasil simulasi isolator gantung bahan polimer. Tegangan kerja yang digunakan pada simulasi ini adalah 35 KV.

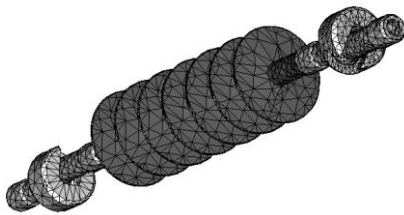
4.1 Pemodelan Isolator Gantung Dalam Bentuk Element Segitiga

Untuk menghitung nilai distribusi medan listrik pada seluruh bagian isolator, isolator dimodelkan kedalam bentuk element segitiga (Tetrahedral Mesh). Untuk tiap parameter yang disimulasikan, jumlah element segitiga yang

terbentuk tidak sama. Pada tabel 3 menunjukkan jumlah elemen segitiga pada tiap parameter yang disimulasikan.

Tabel 3. Jumlah element segitiga yang terbentuk pada setiap parameter simulasi

Bahan Inti Isolator	Parameter	Element Segitiga
	Normal	84646
	Butir Air Laut	90330
Gelas	Peluasan Butir Air Laut	86414
	Berlubang (Void)	86337



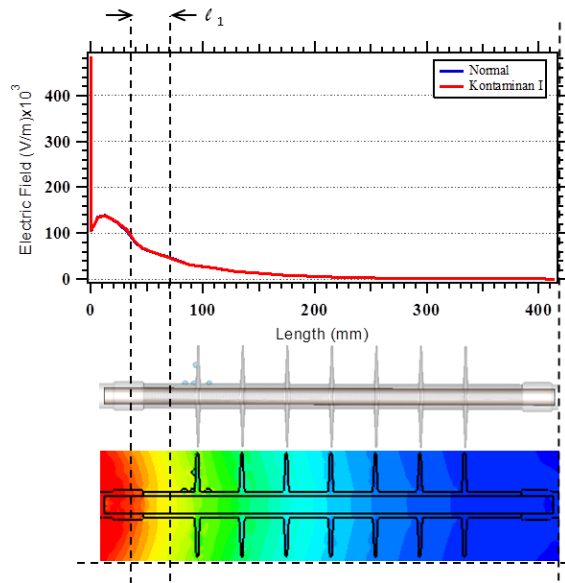
Gambar 5. Pemodelan elemen segitiga pada isolator polimer

4.2 Perbandingan Medan Listrik pada Bahan Inti Gelas pada kondisi normal dan terkontaminasi

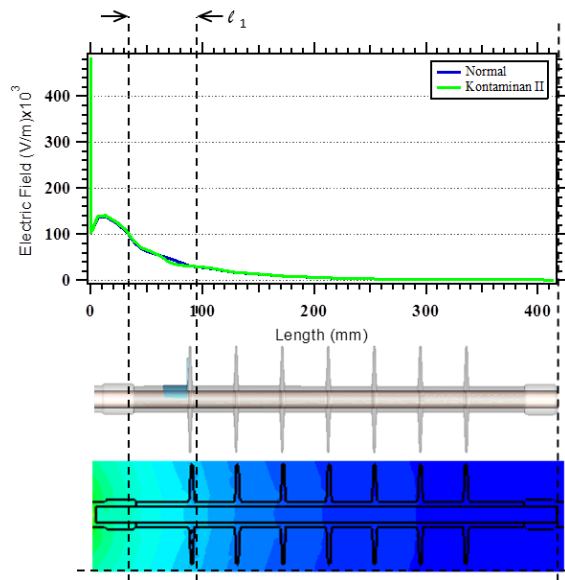
4.2.1 Perbandingan Medan Listrik pada Batang Inti

Dari Gambar 6 didapatkan kondisi medan pada batang inti isolator. Pengaruh kontaminan I terhadap medan listrik pada batang inti sangat kecil. Bila dibandingkan dengan distribusi medan pada kondisi normal, hampir tidak terlihat perbedaannya. Pengaruh kontaminan I dapat dilihat pada jarak l_1 .

Pada Gambar 7 menunjukkan pengaruh kontaminan II pada inti isolator. Kontaminan II menyebabkan menurunnya sifat dielektris isolator, sehingga medan listrik menjadi tidak seragam. Pada jarak l_1 , medan listrik mengalami kenaikan sesaat sebesar 2.5 KV/cm dibandingkan kondisi medan saat normal.



Gambar 6. Kurva medan Listrik pada Inti Batang dengan Kontaminan I



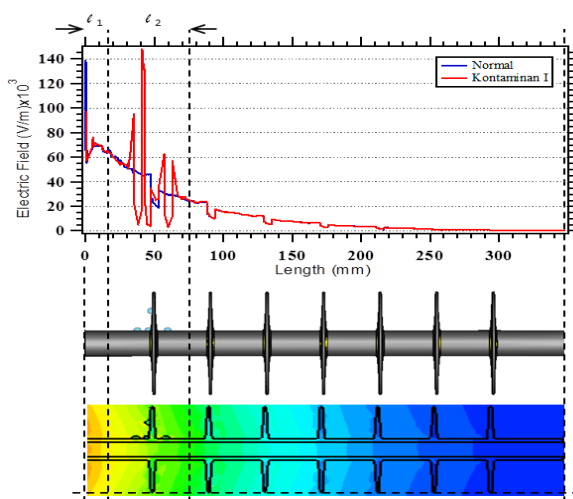
Gambar 7. Kurva medan Listrik pada Inti Batang dengan Kontaminan II

4.2.2 Perbandingan Medan Listrik Pada Permukaan Isolator

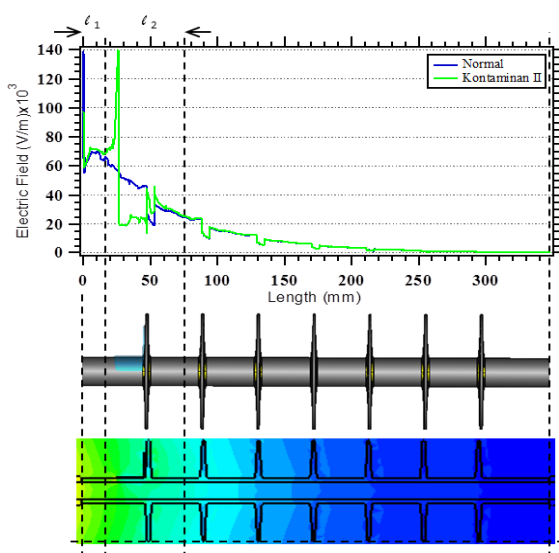
Perbedaan medan listrik pada permukaan isolator dapat diamati pada Gambar 8. Pada gambar tersebut dapat dilihat kondisi medan listrik pada permukaan isolator saat terdapat kontaminan I. Bila dibandingkan dengan kondisi normal, sangat terlihat pengaruh dari kontaminan pada distribusi medan listrik pada permukaan isolator. Pada bagian yang terdapat

kontaminan I, medan listrik menjadi tinggi dan akan berangsur turun setelah melewati kontaminan I.

Gambar 9 menunjukkan perbandingan medan listrik pada kondisi normal dan terdapat kontaminan II. Perubahan nilai medan listrik yang besar tampak pada jarak l_1 dan l_2 . Pada jarak l_1 , medan listrik mengalami kenaikan sesaat yang besar dikarenakan masih adanya pengaruh konduktor fitting pada pengisian awal medan. Pada jarak l_2 , terjadi perubahan medan yang besar, proses kenaikan medan disebabkan oleh sudut kotak yang dibentuk oleh air.



Gambar 8. Kurva medan Listrik pada permukaan isolator dengan Kontaminan I

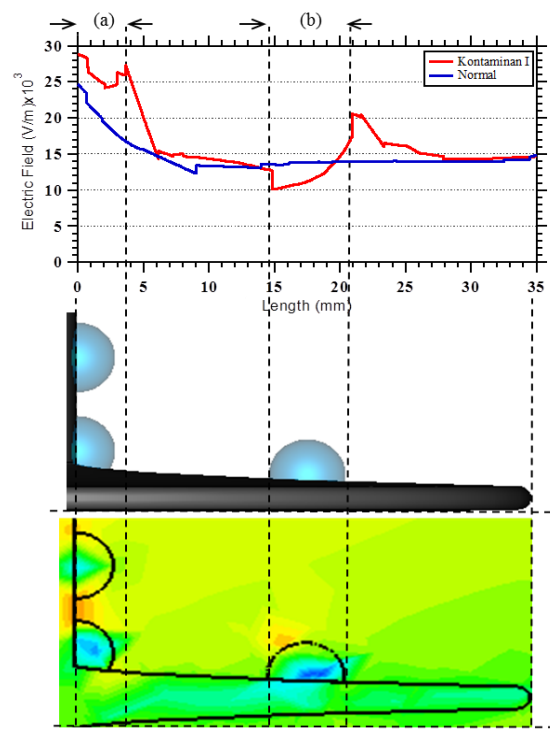


Gambar 9. Kurva medan Listrik pada permukaan isolator dengan Kontaminan II

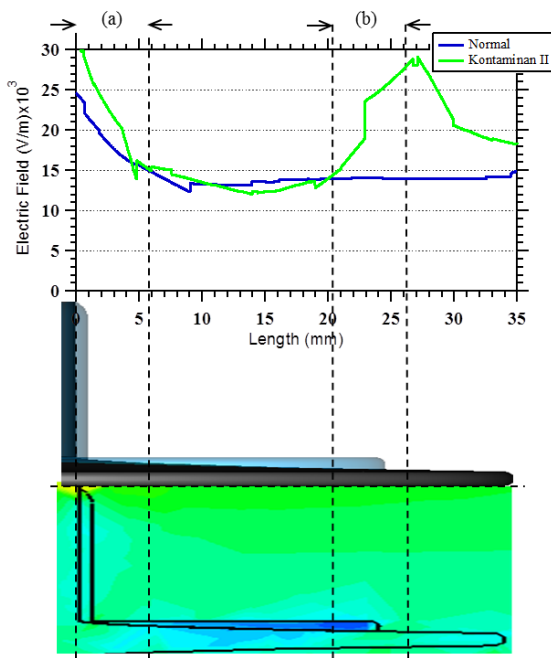
4.2.3 Perbandingan Medan Listrik pada Sirip Pertama

Pada Gambar 10 merupakan kondisi medan listrik saat diberikan kontaminan I. Nilai medan listrik mengalami kenaikan pada bagian yang terdapat butiran air garam (a), kemudian medan mengalami penurunan yang drastis pada bagian yang tidak terdapat butiran air. Medan listrik mengalami perubahan kembali pada bagian yang terdapat butir air (b), lalu menurun sampai pada jarak 35mm. Hal ini disebabkan medan listrik yang mengalami penyebaran pada butir air garam, sehingga nilai medannya menjadi berubah.

Pada Gambar 11, medan listrik mengalami kenaikan pada bagian awal saat terkena kontaminan II (a), setelah itu nilai medan listrik mengalami penurunan sampai mendekati kondisi normal. Medan listrik mengalami kenaikan yang signifikan pada bagian yang tidak terkena kontaminan II (b), hal ini dikarenakan medan listrik yang sebelumnya ditahan oleh bagian yang terkena kontaminan II mengalami pemuatan. Pada proses pemuatan, medan listrik menyebar pada air garam.



Gambar 10. Medan listrik pada sirip pertama dengan kontaminan I



Gambar 11. Medan listrik pada sirip pertama dengan kontaminan II

5. KESIMPULAN

Pada paper ini, telah dilakukan analisis persebaran medan listrik pada isolator gantung polimer berbahan inti gelas akibat pengaruh kontaminasi air laut. Analisis dilakukan dengan membandingkan persebaran medan listrik pada kondisi normal dengan kondisi terkontaminasi pada tiga bagian isolator, yaitu bagian inti, permukaan isolator dan sirip pertama. Dari simulasi diperoleh bahwa pengaruh kontaminan terhadap persebaran medan listrik pada bagian inti tidak banyak berpengaruh meskipun kontaminan telah divariasikan dengan mempertimbangkan sudut kontak (kontaminan I dan II). Pada bagian permukaan dan sirip pertama, pengaruh kontaminan I dan II sangat besar terhadap nilai distribusi medan listrik dibandingkan dengan saat kondisi normal. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa butir air menyebabkan medan listrik menjadi tidak seragam pada bagian luar isolator namun tidak pada bagian dalam, sehingga terjadi kenaikan dan penurunan yang drastis bila dibandingkan kondisi normal. Kenaikan dan penurunan medan listrik dikarenakan proses pemuatan pada bagian sudut kontak yang terdapat pada butir air.

DAFTAR PUSTAKA

- [8] Ravindra Arora and Wolfgang Mosch, "High Voltage and Electrical Insulation Engineering", Wiley-IEEE Press, Agustus 2011.
- [9] Ravi S Gorur, Edward Cherney and Jeffrey Burnham, "Outdoor Insulators", Phoenix, USA, 1999.
- [10] Andrew R. Hileman, "Insulation Coordination for Power System", Taylor & Francis, London, 1999.
- [11] R.E. Smallman and R.J. Bishop, "Modern Physical Metallurgi & Materials Engineering 6th Edition", Butterworth-Heinemann, Woburn, 1999.
- [12] I Made Yulistya Negara, "Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis", Graha Ilmu, 2013
- [13] L. A. Dissado and J. C. Fothergill, "Electrical Degradation and Breakdown in Polymers", Peter Peregrinus Ltd, London, 1992.
- [14] Catalogue D-DS, "Distribution Silicone Insulators Deadend / Suspension 15kV to 69 kV", K-Line Insulators Limited, Canada.
- [15] M. A. Salam, "Measurement of Conductivity and Equivalent Salt Deposit Density of Contaminated Glass Plate", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 3, pp. 268-270, November 2004.
- [16] Chinnusamy Muniraj and S. Chandrasekar, "Finite Element Modeling for Electric Field and Voltage Distribution along the Polluted Polymeric Insulator", World Journal of Modelling and Simulation, Vol. 8, pp. 310-320, March 2012.
- [17] Saiful Azmi, "Penggunaan FEM (Finite Element Method) Dalam Memetakan Medan Listrik pada Permukaan Isolator Jenis Pin dan Post 20KV dan Udara Disekitarnya", Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [18] Rustam Effendi, Slamet Syamsudin, Wilson Sinambela dan Soemarto, "Medan Elektromagnetika Terapan", Erlangga, 2007.

Biodata Penulis

Daniar Fahmi, lahir di Surabaya, pada tanggal 25 September 1989. Penulis menamatkan pendidikan S1 di Teknik Elektro ITS pada tahun 2011 dan S2 Teknik Sistem Tenaga di Teknik Elektro ITS pada tahun 2011. Pada saat ini, penulis menjadi staf pengajar di jurusan Teknik Elektro ITS. Bidang penelitian yang digeluti berkisar pada Teknik Tegangan Tinggi

I Made Yulistya Negara, lahir di Negara, Indonesia, pada tahun 1970. Penulis menerima gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 1994. Kemudian penulis menyelesaikan S2 pada tahun 2001 di Untersuchungen zu Teilentladungsmessunge bei Gleichspannung, pada Universitaet Karlsruhe, Jerman. Serta menerima Ph.D. degree di Department of Electrical Engineering dari Kyushu University, Jepang, tahun 2006. Fokus riset penulis mencakup tentang high voltage insulation dan high voltage engineering

Dimas Anton Asfani lahir di Ponorogo, Indonesia, pada tahun 1981. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di Teknik Elektro ITS Surabaya pada tahun 2004 dan 2006. Kemudian, penulis mendapatkan gelar Ph.D. degree di Power System Laboratory Kumamoto University tahun 2012. Penulis telah menjadi staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro sejak tahun 2006. Penelitian penulis terkonsentrasi khususnya pada bidang deteksi gangguan pada mesin listrik dan proteksi sistem tenaga.

Yusrizal Afif, lahir di Surabaya, 16 Juli 1992. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya. Selama kuliah penulis menjadi koordinator praktikum dan menjadi trainer di Laboratorium Tegangan Tinggi Elektro ITS. Penulis mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga dan fokus pada riset mengenai isolator jaringan