

ANALISIS DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK PADA KABEL BAWAH TANAH N2XS_Y 1 x 630 MM² YANG MENGANDUNG VOID DENGAN MENGGUNAKAN FEMM

Gheary Greamaldy¹, Rudi Kurnianto², Usman A. Gani³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak^{1,2,3}

Abstrak

Kabel bawah tanah berperan penting dalam menyalurkan tenaga listrik ke sistem distribusi dari sistem pembangkit untuk melayani pelanggan. Isolasi kabel listrik merupakan bagian terpenting untuk mencerminkan kondisi kesehatan kabel. Penilaian kondisi isolasi kabel dapat dicapai dengan menerapkan teknik diagnosis dan simulasi tingkat lanjut yang membantu pengukuran dan pemantauan material terkait dengan kegagalan isolasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi titik kritis serta mengetahui pengaruh penerapan tegangan terhadap karakteristik medan listrik dan Partial Discharge (PD) pada kabel N2XS_Y 1 x 630 mm² yang mengandung void. Pada penelitian ini untuk mendapatkan besar medan listrik menggunakan teknik simulasi yang menggunakan perangkat lunak FEMM (Finite Element Method Magnetic) versi 4.2 dengan metode elemen hingga yang digunakan untuk mengevaluasi medan listrik di dalam kabel daya satu fasa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan diameter void akan meninggikan kuat medan listriknya pada ketiga isi void yaitu udara, air dan minyak. Kuat medan listrik yang tertinggi terjadi pada void yang berisi udara, disusul pada void yang berisi minyak dan kuat medan listrik yang paling rendah terjadi pada void yang berisi air. Peluahan sebagian akan lebih mudah terjadi pada void yang mengandung udara dibandingkan dengan void yang mengandung minyak dan air. Hal ini dikarenakan permitivitas relatif dari udara adalah nilai yang paling kecil, kemudian disusul dengan permitivitas relatif minyak dan yang paling besar adalah permitivitas relatif air.

Kata kunci : *Elemen Hingga, FEMM, Medan listrik, Potensial, Void.*

Abstract

[Title: Analysis of electrical field distribution on underground cable n2xs_y 1 X 630 mm² containing void using femm] *Underground cables that play an important role in delivering electricity to the distribution system from the generating system to serve customers. Electrical cable insulation is the most important part to reflect the health condition of the cable. Assessment of isolation conditions can be achieved by applying advanced diagnostic techniques and simulations that aid measurement and problems associated with isolation failure. The purpose of this research is the critical point and the voltage response point to the electric field signal and Partial Discharge (PD) on the N2XS_Y 1 x 630 mm² cable which contains voids. In this study, to obtain big data on the electric field using a simulation technique using FEMM software (Finite Element Method Magnetic) version 4.2 with the finite element method used for electric fields in single-phase power cables. The results of this study indicate that increasing the diameter of the voids will increase the strength of the electric field in the three voids, namely air, water and oil. The electric field strength that occurs in voids containing air, followed by voids containing oil and the lowest electric field strength occurs in voids containing air. Partial discharge will be easier to occur in voids that contain air than voids that contain oil and water. This is because the relative permittivity of air is the smallest value, then followed by the relative permittivity of oil and the largest is the relative permittivity of air.*

Keywords : *Finite Element, FEMM, Electric Field, Potential, Void.*

1. Latar Belakang

Penilaian kondisi isolasi kabel dapat dicapai dengan menerapkan teknik diagnosis dan simulasi tingkat lanjut yang membantu pengukuran dan pemantauan material terkait dengan kegagalan isolasi. Pendekatan secara numeris menggunakan pemodelan adalah cara yang baik untuk mempelajari medan listrik dan untuk mengidentifikasi titik-titik kritis, meningkatkan desain, meningkatkan jenis isolasi material, dan untuk mengurangi biaya produksi. Isolasi terbuat dari bahan dielektrik, biasanya bahan polimer. Material polimer saat ini telah banyak digunakan sebagai material isolasi pada peralatan listrik tegangan tinggi. Material polimer ini selain memiliki tegangan tembus yang tinggi, juga memiliki keuntungan seperti kekuatan dielektrik tinggi, ringan dan mudah dalam proses pembuatan. Tembus akibat peluahan ini (discharge breakdown) pada material isolasi polimer merupakan fenomena yang sangat penting dalam menentukan umur dari isolasi. Selain disebabkan oleh void dan material konduktif, tembus peluahan bergantung juga pada berbagai macam parameter, seperti konfigurasi elektroda, ketebalan dielektrik, temperatur, tekanan, sifat dan morfologi dari material.

*) Gheary Greamaldy

E-mail: ggheary@gmail.com

Simulasi dilakukan hanya pada satu jenis kabel N2XSY 1 x 630 mm². Membahas void pada isolasi kabel dengan distribusi tegangan dan kuat medan listrik. Simulasi ini tidak dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan cahaya sekitar. Kondisi kabel disimulasikan berada dibawah tanah dan kondisi jaringan dianggap pada kondisi seimbang dengan simulasi yang dilakukan hanya 2 dimensi.

2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

A. Penelitian Terkait

Adapun beberapa penelitian sejenis yang telah ada sebelumnya yang menjadi referensi penelitian ini adalah:

1. *Mohamed EL-Adawy dan Magdi El-Saadawi, Universitas Mansoura, 2015.*

Melakukan penelitian tentang simulasi numerik distribusi tegangan dan medan listrik pada kabel tegangan menengah. Pada penelitian ini kabel yang diuji adalah kabel bawah tanah yang berinti tunggal atau satu fasa dan kabel yang berinti tiga atau tiga fasa yang bertujuan untuk mengevaluasi medan listrik dan menganalisa dengan cara pemodelan menggunakan perangkat lunak OctaveFEMM berbasis Metode Elemen Hingga (Finite Element Method).

Dalam penelitiannya disebutkan bahwa distribusi medan listrik adalah faktor yang paling dominan menginisiasi dalam kegagalan isolasi.

2. *Juanda Parasian Sijabat, Universitas Tanjungpura, 2019.*

Membahas tentang distribusi potensial dan medan listrik pada kabel bawah tanah tegangan menengah 20 kV jenis NA2XSEYBY 3 X 150 mm² secara simulasi, Menggunakan metode elemen hingga, yang di komputasi menggunakan program Finite Element Method Magnetics (FEMM). Hasil dari penelitian ini menjelaskan nilai distribusi potensial dan medan listrik pada lapisan material isolasi kabel dari inti konduktor sampai pada lapisan selubung/sheath kabel.

3. *Sushman Kumar Kanikella, Institut Teknologi Nasional Karnataka, 2013.*

Pada penelitian ini membahas tentang Medan Listrik dan Sifat Termal Kabel Kering Menggunakan Metode elemen Hingga. Tujuan analisa untuk mengevaluasi medan listrik dan temperatur sesuai dengan kekuatan dielektrik kabel bawah tanah. Objek penelitian ini ialah kabel bawah tanah jenis isolasi XLPE berinti tunggal dengan tegangan 11 kV, yang dianalisa secara simulasi menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics berbasis Metode Elemen Hingga.

4. *Arfianto Rifai, Universitas Tanjungpura, 2018.*

Pada penelitian ini membahas tentang Distribusi Panas Sekitar Kabel 20 kV Menggunakan Metode Elemen Hingga. Objek pada penelitian ialah kabel bawah tanah 20 kV simulasi untuk memetakan distribusi panas pada kabel secara simulasi menggunakan perangkat lunak FEMM. Hasilnya ialah arus yang melewati kabel masih aman dengan temperatur yang masih di bawah batas maksimum konduktor yaitu 90°C.

5. *Febri Halim, Universitas Tanjungpura, 2018.*

Pada penelitian ini membahas tentang Distribusi Medan Listrik Sekitar Jaringan Transmisi 275 kV dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa distribusi medan listrik dibawah jaringan SUTET ialah mengetahui tingkat maksimal medan yang berada dibawah jaringan secara dua dimensi. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan bantuan perangkat lunak Finite Element Method Magnetic (FEMM).

6. *Hermawan dan Abdul Syakur, Universitas Diponegoro, 2008.*

Pada penelitian ini menggunakan elektroda jarum saat pengujian serta isolasi polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah LLDPE (Linier Low Density Polyethylene) dan HDPE. Pada penelitian tersebut menyebutkan bahwa peluahan karakteristik dan muatan maksimum cenderung meningkat baik pada LLDPE dan HDPE tetapi intensitas peluahan HDPE lebih tinggi dari LLDPE.

7. *Stefani Conti, Universitas Catania, 2018.*

Melakukan penelitian yaitu tentang Analisis Thermal dan Medan Elektromagnetik Pada Kabel Tegangan Tinggi Tiga Fasa Bawah Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga. Pada penelitian kabel yang digunakan sebagai objek penelitiannya adalah kabel bawah tanah jenis XLPE (Cross Linked Polyethylene) berinti tiga dengan jenis 2X(FL)2YVF ST2Y, yang di rancang sedemikian rupa untuk tegangan tinggi mencapai 132 kV, dan dilakukan secara simulasi menggunakan perangkat lunak COMSOL Multiphysics, yang digunakan untuk menganalisis.

8. *Rachmat Setiadi, Universitas Indonesia, 2008.*

Penelitian ini menjelaskan bahwa distribusi medan listrik lokal yang sangat tinggi pada kabel XLPE dapat disebabkan oleh tonjolan (protrusion) pada permukaan tabir konduktor. Pada penelitian ini diketahui bahwa yang menjadi salah satu penyebab kegagalan kekuatan dielektrik pada material isolasi ialah tonjolan (protrusion) yang terjadi pada permukaan tabir konduktor. Selain itu juga yang menjadi penyebab lainnya adalah pembentukan bahan material yang tidak sempurna (cacat buatan), dan panas yang berlebihan pada permukaan konduktor.

9. *Devy Martoni, Universitas Diponegoro, 2008.*

Penelitian ini menjelaskan salah satu penyebab utama penurunan kualitas isolasi adalah karena adanya void dalam isolasi kabel sehingga menyebabkan peluahan sebagian (Partial Discharge). Oleh karena itu, sangat perlu untuk mengetahui karakteristik dari partial discharge yang terjadi pada isolasi kabel, khususnya PVC tersebut. Dengan menggunakan sistem elektroda metoda II CIGRE, Osiloskop Digital GDS 2104, HPF, RC detector, arrester, dan PC maka akan diperoleh keterangan mengenai karakteristik jumlah PD dan muatan maksimum PD yang terjadi selama pengukuran.

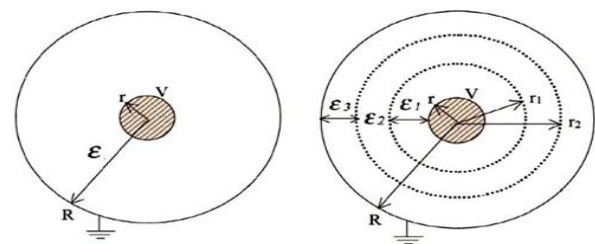
10. *Dyah Ika Susilawati, Universitas Diponegoro, 2012.*

Pada penelitian ini melakukan Analisa Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Menggunakan Metode Pengukuran Inclined- Plane

Tracking. Penelitian ini menjelaskan pengukuran arus bocor skala laboratorium pada material resin epoksi silane dengan menggunakan metode pengukuran Inclined-Plane Tracking (IPT). Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi pengisi terhadap sudut kontak hidrofobik dan arus bocor. Pengolahan data yang dilakukan meliputi pengukuran sudut kontak, waktu terjadinya arus bocor, arus bocor rata-rata, dan waktu penjejakan.

B. Grading Kapasitansi

Proses mencapai keseragaman stress dielektrik menggunakan lapisan dielektrik yang berbeda dikenal sebagai grading kapasitansi.



Gambar 1. Grading kapasitansi isolasi pada kabel inti tunggal

Untuk 3 lapisan dielektrik maka kita atur.

$$E_{max1} = E_{max2} = E_{max3},$$

Maka :

$$E_{max1} = [r \cdot \ln \cdot r1/r + \ln \cdot r2/r1 + \ln \cdot R/r2] \dots \dots \dots (1)$$

C. Permittivitas Dielektrik

Permittivitas dielektrik adalah nilai material isolasi yang didefinisikan sebagai stress listrik maksimum yang dapat ditahan oleh material. Dalam persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

ϵ = permittivitas isolasi

ϵ_0 = permittivitas ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)

ϵ_r = permittivitas relative

D. Masalah Elektrostatik

Masalah elektrostatik mempertimbangkan perilaku intensitas medan listrik, (E), dan kepadatan fluks listrik (D). Ada dua kondisi yang harus dipatuhi kuantitas ini. Kondisi pertama adalah bentuk diferensial dari Hukum Gauss, yang mengatakan bahwa fluks keluar dari yang tertutup volume sama dengan muatan yang terkandung dalam volume :

$$\nabla \cdot D = \rho \dots \dots \dots (3)$$

Dimana ρ mewakili kerapatan muatan, yang kedua adalah bentuk diferensial dari hukum loop Ampere :

$$\nabla \times E = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Perpindahan dan intensitas lapangan juga terkait satu sama lain melalui hubungan konstitutif :

$$D = E \cdot \epsilon \dots\dots\dots (5)$$

Dimana ϵ adalah permitifitas dielektrik. Meskipun beberapa masalah elektrostatis mungkin memiliki nonlinier hubungan konstitutif antara D dan E, program ini hanya mempertimbangkan masalah linier. Untuk menyederhanakan perhitungan bidang yang memenuhi kondisi ini, program ini menggunakan potensi skalar listrik, V , didefinisikan oleh hubungannya dengan E sebagai :

$$E = -\nabla V$$

$$E = -\partial V/\partial x \text{ ax} + \partial V/\partial y \text{ ay} + \partial V/\partial z \text{ az} \dots\dots\dots (6)$$

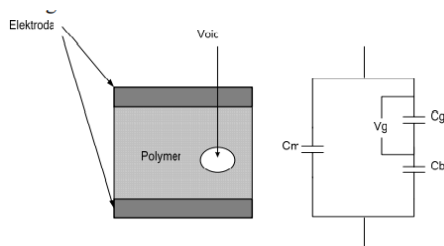
Karena identitas vektor $\nabla \times \nabla \psi = 0$ untuk setiap skalar ψ , hukum loop Ampere secara otomatis dipenuhi. Mengganti menjadi Hukum Gauss dan menerapkan hubungan konstitutif menghasilkan persamaan diferensial parsial orde kedua :

$$-\epsilon \nabla^2 V = \rho \dots\dots\dots (7)$$

Program ini memecahkan pers (7) di atas untuk tegangan (V) domain yang ditentukan pengguna dengan sumber yang ditentukan pengguna dan kondisi batas.

E. Partial Discharge Pada Void

Pada material polimer sebagai isolasi, tidak tertutup kemungkinan terdapat partikel – partikel asing sebagai pengotor, yang sering dijumpai adalah rongga udara bertekanan rendah (void). Terjadinya void (rongga) sulit dihindari dalam proses pembuatan polimer, dapat terbentuk dari proses pabrikan, instalasi maupun operasi kabel. Discharge pada void yang diteliti pada penelitian ini dapat dijelaskan menggunakan rangkaian ekuivalen Whitehead berikut ini :

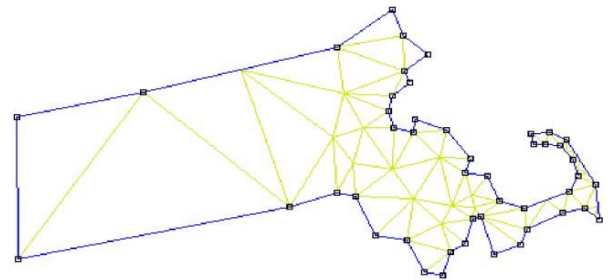


Gambar 2. Discharge pada void

F. Metode Elemen Hingga

Dalam metode ini permasalahan diselesaikan dengan menggunakan pendekatan prinsip dasar proses diskritisasi proses diskritisasi pada elemen hingga adalah proses pembagian pada pemodelan struktur objek dengan membaginya dalam elemen-elemen kecil yang jumlahnya tidak terbatas tergantung objek tersebut. Elemen adalah kumpulan titik (node) dan elemen didefinisikan sebagai mesh.

Metode perhitungannya adalah menghitung mesh-mesh kecil yang nantinya digabung menjadi suatu bentuk yang lebih besar untuk digabungkan. Hasil yang didapatkan berasal dari nilai pendekatan yang kontinu terhadap yang berhubungan antar bagian meshnya sehingga menjadi bentuk yang diharapkan seperti gambar berikut.

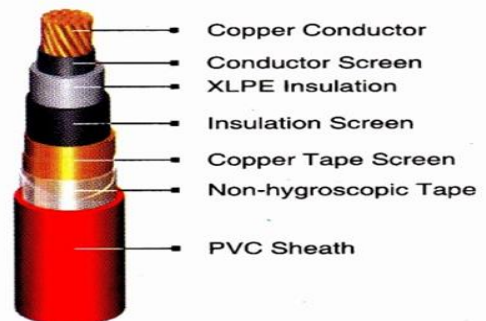


Gambar 3. Triangulation of Massachussetts

3. Metodologi Penelitian

A. Bahan Penelitian

Kabel bawah tanah 20 kV sebagai objek penelitian. Kabel yang digunakan memiliki kode pengenal N2XSY 1 x 630 mm² (20) kV sesuai dengan standart IEC 60502-2. Jenis kabel yang digunakan dalam simulasi ini adalah kabel tipe N2XSY yang memiliki satu inti konduktor dengan tipe stranded.



Gambar 4. Kabel N2XSY 1 x 630 mm²

1. Spesifikasi kabel

Tabel 1. Data Spesifikasi Kabel N2XSY 1 x 630 mm²

Spesifikasi	Satuan	Nilai
Voltage Class	kV	20
Nom. Cross Section Area	mm ²	630
Overall Diameter (Approx.)	mm	51.0
Cable Weight (Approx.)	kg/km	6.926
Diameter Konduktor	mm	28.329
Jumlah Konduktor Stranded		61

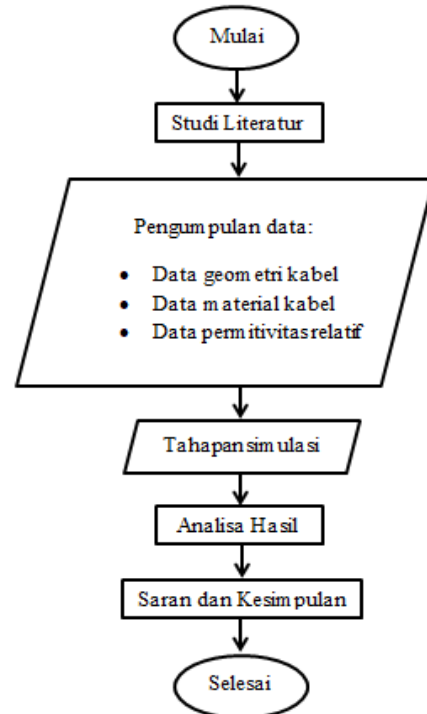
Spesifikasi	Satuan	Nilai
Ketebalan Conductor Screen	mm	1.016
Ketebalan Isolasi XLPE	mm	5.5
Ketebalan Insulation Screen	mm	2.032
Ketebalan Copper Tape Screen	mm	0.127
Ketebalan Non-Hygroscopic Tape	mm	0.66
Ketebalan PVC Sheath	mm	2.5

Tabel 2. Datasheet material penyusun kabel

No	Unit	Material				
		Cop per	XL PE	EPR	PVC	Polypr opylen e
1	Epsil on		2.3	2	3.4	2.3
2	Mue	1	1	1	1	1
3	El. Conductivity (S/m)	5.8 x10 ⁷				200
4	Rho (kg/m ³)	8930.0	919000	1000	1.46	90600

5	Ther m. Conductivity (W/K /m)	401	0.41	0.3	0.16	0.20
6	Heat Cap. (kJ/K /kg)	0.39	230.274	2.8	0.96	1.92
7	Ther mal Diffu sivity (m ² /s)	0.000115141	1.93742 x10	1.07143x10	0.000114155	1.1497 x10 ⁻⁹
8	Youn g's Mod. (Gpa)	120	3	64	3	1.3
9	Poiss. Ratio	0.33	0.2	0.2	0.4	0.42
10	Ther mal Exp. (x10 ⁻⁶ /K)	17	100	3.3	70	80

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram alir penelitian

4. Hasil Pengujian

1. Pengaruh Diameter Void Pada Kuat Medan Listrik

Pada diameter dan isi yang berbeda didapatkan hasil bahwa void yang mengandung udara dengan diameter 0.5 mm kuat medan listrik yang terletak di area E_1 yang berada pada *interface* void yang mendekati batang konduktor memiliki kuat medan 1.81975×10^6 V/m, untuk E_2 berada ditengah rongga void bernilai 1.795×10^6 V/m, serta untuk E_3 berada pada sisi *interface* void yang mendekati permukaan terluar dari isolasi XLPE dengan kuat medan listrik 1.7722×10^6 V/m. Untuk diameter void 0.75 mm kuat medan listrik di setiap area bernilai $E_1 = 1.83095 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 1.7924 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 1.75717 \times 10^6$ V/m. Selanjutnya diameter void 1.0 mm kuat medan listrik di setiap area bernilai $E_1 = 1.84179 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 1.78806 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 1.7437 \times 10^6$ V/m.

Pada simulasi void yang mengandung air memiliki nilai medan listrik terbilang lebih kecil dibandingkan void yang mengandung udara untuk diameter yang berbeda didapatkan hasil bahwa void dengan diameter 0.5 mm kuat medan listrik yang terletak di area E_1 yang berada pada *interface* void yang mendekati batang konduktor memiliki kuat medan 0.0743374×10^6 V/m, untuk E_2 berada ditengah rongga void bernilai 0.0733091×10^6 V/m, serta untuk E_3 berada pada sisi *interface* void yang mendekati permukaan terluar dari isolasi XLPE dengan kuat medan listrik 0.0722505×10^6 V/m. Untuk diameter void 0.75 mm kuat medan listrik di setiap area bernilai $E_1 = 0.0749846 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 0.0735064 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 0.0719572 \times 10^6$ V/m. Selanjutnya diameter void 1.0 mm kuat medan listrik di setiap area bernilai $E_1 = 0.0758297 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 0.0737229 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 0.0718299 \times 10^6$ V/m.

Simulasi void dengan mengandung minyak hasil distribusi medan listrik memiliki nilai lebih besar dari void yang mengandung air dan lebih kecil dibandingkan distribusi medan listrik dengan void yang mengandung udara untuk diameter yang berbeda didapatkan hasil bahwa void dengan diameter 0.5 mm kuat medan listrik yang terletak di area E_1 yang berada pada *interface* void yang mendekati batang konduktor memiliki kuat medan 0.87033×10^6 V/m, untuk E_2 berada ditengah rongga void bernilai 0.858117×10^6 V/m, serta untuk E_3 berada pada sisi *interface* void yang mendekati permukaan terluar dari isolasi XLPE dengan besar kuat listrik 0.846661×10^6 V/m. Untuk diameter void 0.75 mm kuat medan listrik di

setiap area bernilai $E_1 = 0.876944 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 0.858574 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 0.841511 \times 10^6$ V/m. Selanjutnya diameter void 1.0 mm kuat medan listrik di setiap area bernilai $E_1 = 0.884689 \times 10^6$ V/m, $E_2 = 0.859276 \times 10^6$ V/m, $E_3 = 0.837725 \times 10^6$ V/m.

Peningkatan diameter void akan meninggikan kuat medan listriknya pada ketiga isi void yaitu udara, air dan minyak yang mengakibatkan kerapatan medan pada void akan berkurang dikarenakan adanya jarak antara void dengan batang konduktor. Serta apabila semakin dekat rongga void ke sisi permukaan isolasi XLPE dan semakin kecil diameter void maka akan semakin kecil kuat medan listriknya pada rongga void. Pada tiap diameter void yang diasumsikan memiliki perbedaan kuat medan listrik yang semakin besar dari 0.5 mm, 0.75 mm dan 1.0 mm sehingga dapat dikatakan bahwa hal tersebut akan mudah mengalami kerusakan pada isolasi kabel.

2. Pengaruh Isi Void Terhadap Kuat Medan Listrik

Kuat medan listrik yang tertinggi terjadi pada void yang berisi udara, disusul pada void yang berisi minyak dan kuat medan listrik yang paling rendah terjadi pada void yang berisi air.

Isolasi XLPE terhadap void yang mengandung udara memiliki gangguan distribusi medan listrik dan kuatnya medan di dalam rongga lebih tinggi dari pada isolasi sekitarnya, karena nilai karakteristik permitivitas yang lebih rendah. Kuat medan pada void yang mengandung udara akan mengarah ke medan listrik yang lebih tinggi pada bahan isolasi, hal tersebut dikarenakan adanya tekanan disekitar void yang akan berkurang akibat kekuatan dielektrik. Serta kuat medan listrik paling rendah terkonsentrasi pada area permukaan void. Jika isi void yang tertanam dalam rongga adalah udara maka representasinya menunjukkan bahwa medan listrik meningkat tajam didalam rongga dan dapat melebihi nilai kritis dari medan yang akan mengalami kerusakan pada isolasi.

Void yang mengandung air medan listriknya paling besar terdapat pada sisi kulit terluar void dengan nilai 2.360×10^6 - 2.491×10^6 V/m, hal tersebut disebabkan oleh medan yang terkonsentrasi pada sisi kulit void artinya pada kerapatan arah medan dengan nilai permitivitas karakteristik air dan isolasi XLPE yang memiliki perbedaan nilai yang cukup besar, yakni dengan nilai permitivitas karakteristik air $\epsilon_r = 80$ maka proses pelepasan yang dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi

tidak mudah terjadi. Sehingga menyebabkan kuat medan listrik yang tinggi hanya terdapat pada sisi terluar kulit void dengan kuat medan listriknya cukup besar dibandingkan kuat medan pada rongga void.

Distribusi kuat medan listrik yang mengandung minyak dibandingkan antara kedua void sebelumnya memiliki kuat medan yang tidak besar dan kecil pula. nilai karakteristik permitivitas void yang mengandung minyak memiliki nilai yang mendekati dengan jumlah nilai karakteristik dari pelindung konduktor dan isolasi XLPE yakni $\epsilon_r = 4.67$. Maka medan yang terkonsentrasi dari kedua nya dapat dikatakan sama besar dari kuat medan terhadap isi void dan isolasi, sehingga medan hanya terkonsentrasi pada sisi permukaan kulit terluar dari void dengan kuat medan listriknya $1.609 \times 10^6 - 1.704 \times 10^6$ V/m, hal tersebut mengakibatkan nilai distribusi medan yang lumayan besar hanya terdapat pada sisi terluar kulit void serta arah kuat medan listriknya tidak sampai menuju arah isi void yang mengandung minyak karna nilai karakteristik permitivitas antar kedua nya hampir sama.

3. Pengaruh Isi Void Terhadap Terjadinya Peluahan Sebagian

Peluahan sebagian akan lebih mudah terjadi pada void yang mengandung udara dibandingkan dengan void yang mengandung minyak dan air. Hal ini dikarenakan permitivitas relatif dari udara adalah nilai yang paling kecil, kemudian disusul dengan permitivitas relatif minyak dan yang paling besar adalah permitivitas relatif air. Ini disebabkan oleh kuat medan listrik tertinggi terjadi pada void yang berisi udara, kemudian diikuti dengan void yang mengandung minyak lalu air.

Selain itu peluahan sebagian pada tegangan 20 Kv lebih mudah terjadi pada void yang berisi udara disusul dengan void yang mengandung minyak dan air, ini disebabkan oleh kuat medan listrik tertinggi terjadi pada void yang mengandung udara kemudian diikuti dengan void yang mengandung minyak lalu air. Dalam peluahan yang terjadi pada tegangan kerja dan tegangan 20 Kv kabel pada void memiliki perbandingan hasil dalam bentuk presentase sebesar 173 %, kenaikan ini dari tegangan yang bekerja pada kabel hingga tegangan 20 Kv maka dapat dikatakan kenaikan dari kuat medan mencapai hingga dua kali lebih besar, kuat medan tersebut dapat melebihi batas kemampuan kabel sehingga apabila diberi tegangan 20 Kv secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi kabel tersebut.

5. Penutup

A. Kesimpulan

1. Peningkatan diameter void akan meninggikan kuat medan listriknya pada ketiga isi void yaitu udara, air dan minyak.
2. Kuat medan listrik yang tertinggi terjadi pada void yang berisi udara, disusul pada void yang berisi minyak dan kuat medan listrik yang paling rendah terjadi pada void yang berisi air.
3. Peluahan sebagian akan lebih mudah terjadi pada void yang mengandung udara dibandingkan dengan void yang mengandung minyak dan air. Hal ini dikarenakan permitivitas relatif dari udara adalah nilai yang paling kecil, kemudian disusul dengan permitivitas relatif minyak dan yang paling besar adalah permitivitas relatif air.
4. Peluahan yang terjadi pada tegangan kerja dan tegangan 20 Kv kabel pada void memiliki perbandingan hasil dalam bentuk presentase sebesar 173 %, kenaikan kuat medan ini mencapai hingga dua kali lebih besar, kuat medan tersebut dapat melebihi batas kemampuan kabel sehingga apabila diberi tegangan 20 Kv secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan pada isolasi kabel tersebut.

B. Saran

1. Simulasi dalam penelitian ini selanjutnya dilakukan dengan perlakuan kondisi yang berbeda seperti arah kerapatan muatan elektron pada distribusi medan listrik, variasi tegangan, suhu, kelembaban dan tekanan sebagaimana kondisi saat isolasi digunakan dalam ketenagalistrikan.
2. Penelitian juga dapat dilakukan pada material isolasi yang memiliki bentuk cacat yang lain secara fisik berupa ketidakmurnian isolasi karena adanya material lain.
3. Sampel kabel lain dapat digunakan misalnya kabel dengan tiga fasa.

6. Daftar Pustaka

EL-Adawy, Mohamed dan Magdi El-Saadawi. 2015. Jurnal. Numerical Simulation of Electric Field and Potential Distribution of Medium Voltage Cables using OctaveFEMM. Mansoura:International Middle-East Power System Conference (MEPCON'15).

- Kanikella, Sushman Kumar. 2013. Jurnal. Electric Field and Thermal properties of dry Cable Using FEM. India: Penerbit TELKOMNIKA.
- Rifai, Afrianto. 2018. Skripsi. Distribusi Panas Sekitar Kabel 20 kV Menggunakan Metode Elemen Hingga, Pontianak: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura.
- Halim, Febri. 2018. Skripsi. Distribusi Medan Listrik Sekitar Jaringan Transmisi 275 kV dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga, Pontianak: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura.
- Hermawan dan Abdul Syakur. 2008. THE ANALYSIS OF PARTIAL DISCHARGE (PD) FROM ELECTRICAL TREEINGIN LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE) AND HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE). Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Conti, Stefani. 2018. Jurnal. Electromagnetic and Thermal Analysis of High Voltage Three-Phase Underground Cables Using Finite Elemen Method. Catania: University of Catania.
- Setiadi, Rachmat. 2008. Skripsi. Analisis Pengaruh Medan Listrik Lokal Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Pemohonan Listrik Pada Kabel XLPE. Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- Martoni, Devy. 2008. Analisa Karakteristik Peluahan Sebagian Pada Model Void Berdasarkan Fungsi Waktu Dan Tegangan Dalam Polyvynil Chloride (PVC). Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
- Juanda Parasian Sijabat, 2019. Distribusi Potensial Dan Medan Listrik Pada Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah 20 kV NA2XSEYBY 3 X 150 mm². Pontianak: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura

Mengetahui,
Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. Rudi Kurnianto, S.T., M.T., IPM
NIP. 196705271995011001

Pembimbing Pembantu



Dr. H. Usman A. Gani, S.T., M.T.,IPM
NIP. 197002161995011001

Biografi



Gheary Greamaldy, menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2015. Memperoleh gelar Sarjana (S1) Teknik Elektro pada tahun 2021 dengan konsentrasi Teknik Tegangan Tinggi.