

# **SKRIPSI**

## **DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK PADA ISOLATOR TERKONTAMINASI PARTIKEL YANG BERASAL DARI ASAP PEMBAKARAN HUTAN**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**SALU WIDIAYATI**

**03041181621116**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK PADA ISOLATOR TERKONTAMINASI  
PARTIKEL YANG BERASAL DARI ASAP PEMBAKARAN HUTAN**



**SKRIPSI**

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**SALU WIDIAYATI**

**03041181621116**

**Indralaya, Januari 2021**

**Menyetujui,  
Pembimbing Utama**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng.**

**NIP: 197108141999031005**

**NIP: 197108141999031005**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Salu Widiayati  
NIM : 03041181621116  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Distribusi Medan Listrik pada Isolator terkontaminasi Partikel yang berasal dari Asap Pembakaran Hutan ” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

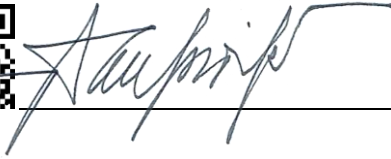
Indralaya, Januari 2021



Salu Widiayati

## SURAT PERNYATAAN PEMBIMBING

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan   \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D

Tanggal : 01 / 02 / 2021

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillahillahirabbil'alamin*

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat iman, kekuatan serta niat yang maksimal untuk menyelesaikan Skripsi ini serta sholawat kepada Nabi Muhammad Sholallahu 'Alaihi Wasallam atas suri tauladan yang telah memberikan acuan kepada penulis dan kita semua umat muslim harus semangat dalam menyelesaikan sesuatu jangan pernah malas karena Allah tidak menyukai itu. Selain itu penulis juga bersyukur karena berkat rahmat, karunia, dan ridho Allah Subhanahu Wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK PADA ISOLATOR TERKONTAMINASI PARTIKEL YANG BERASAL DARI ASAP PEMBAKARAN HUTAN”**.

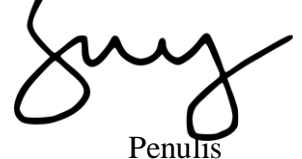
Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembimbing Utama sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi dan membimbing tugas akhir.
2. Ibu Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
3. Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T. selaku Pembimbing Akademik.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D. yang sudah menjadi pembimbing saya sebelumnya serta memberikan Ilmu yang bermanfaat serta pelajaran yang dapat saya ambil, Insyaallah.
6. Ayah saya Miskaria dan Ibu saya Rina Wati yang selalu mendidik dan membesarkan saya serta memfasilitasi sehingga saya bisa kuliah di Jurusan Teknik Elektro.

7. Adik saya Habibillah selaku keluarga yang selalu mendoakan, memberikan masukan dan bantuan selama ini.
8. Kak Alan yang sudah mengajarkan Softwer FEMM.
9. Keluarga Dinda yang mendukung memfasilitasi pengerjaan TA saya
10. Sahabat-sahabat yang selalu mengingatkan untuk menggerjakan TA: Dinda, Hari, Linda, Shofa, Samsul, kak Abeng, mbak Ega, Strong girls, Ahli Jannah dan teman-teman yang lain tidak bisa saya sebutkan satu—satu.
11. Teman-teman Mahasiwa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Inderalaya, Januari 2021



Penulis

## ABSTRAK

Dalam saluran transmisi tegangan tinggi, isolator gantung merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam penghantaran listrik. Isolator gantung digunakan pada tiang-tiang penyangga untuk mencegah terjadinya aliran arus dari konduktor ke fasa. Dalam penelitian ini, isolator yang digunakan dalam simulasi adalah isolator gantung berbahan kaca yang di desain berdasarkan standar isolator yang PLN gunakan. Untuk melihat perubahan distribusi medan listrik pada isolator dalam keadaan normal maupun terkontaminasi, bagaimana pengaruh tegangan terhadap isolator yang normal dan terkontaminasi, serta flux bahan dielektrik tersebut baik dalam keadaan normal maupun dalam keadaan terkontaminasi. Kontaminan yang digunakan antara lain : Karbon, nitrogen, partikulat logam ukuran (2.5 mikrometer), dan kayu, untuk lebih jelas perbedaannya dalam penelitian kali ini memuat variasi pengujian kontaminan tersebut disimulasikan pada bagian permukaan isolator tipe 1 dan tipe 2.

**Kata kunci : Isolator, Electric field, Finite Element Method (FEMM), dan Kontaminan.**

**Indralaya, Januari 2021**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP: 197108141999031005**

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**



**NIP: 197108141999031005**

## ABSTRACT

*In high voltage transmission lines, hanging insulators are one of the most important components in transmission. Hanging isolators are used on support poles to prevent the flow of current from the conductor to the phase. In this study, the insulator used in the simulation is a hanging insulator made of glass which is designed based on the insulator standards used by PLN. To see the changes in the distribution of the electric field in the insulator in normal and contaminated conditions, how is the effect of the voltage on the normal and contaminated insulator, and the flux of the dielectric material both in normal and contaminated conditions. The contaminants used include: carbon, nitrogen, metal particulates (2.5 micrometer), and wood, to make the difference clearer in this research, the variation of contaminant testing is simulated on the surface of the insulator type 1 and type 2.*

**Keyword : Insulator, Electric field, Finite Element Method (FEMM), and Contaminant.**

**Indralaya,  
Januari 2021**

**Mengetahui,**

**Menyetujui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Pembimbing Utama**



**Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP: 197108141999031005**

**Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP: 197108141999031005**



## DAFTAR ISI

COVER	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.5 Hipotesis</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.6 Karakteristik partikulat .....	15
<b>BAB III</b> .....	<b>17</b>
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	17
3.2 Waktu Penelitian.....	17
3.3 Metode Penelitian .....	17
3.4 Peralatan dan Bahan.....	17
3.4.1 Personal Computer (PC) dilengkapi Perangkat Lunak <i>Finite Element Method Magnetics</i> (FEMM) .....	18
3.5 Model Simulasi.....	18
3.5.1 Prosedur Simulasi.....	21
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	22
<b>BAB IV</b> .....	<b>24</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>24</b>
4.1 Pendahuluan .....	24
4.2 Distribusi Medan Elektrik Pada Simulasi .....	24
4.3 Pengaruh Tegangan akibat menumpuknya lapisan partikel asap pada isolator .....	28

4.4 Perubahan <i>Flux Density</i> Akibat Pengaruh Kontaminan .....	32
<b>BAB 5 .....</b>	<b>35</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Konstruksi Isolator Piring .....	7
Gambar 2.3 Jenis Isolator Piring Berdasarkan Bentuknya.....	7
Gambar 2.4 Perpanjangan Sirip yang Terpasang pada Isolator Porselin .....	8
Gambar 3.1 Model simulasi untuk Isolator tanpa polutan .....	11
Gambar 3.2 Model simulasi penambahan polutan asap.....	19
Gambar 3.3 Hasil simulasi isolator kaca.....	19
Gambar 3.4 Kerapatan medan elektrik pada isolator .....	20
Gambar 3.5 Grafik kuat medan elektrik di sepanjang permukaan isolator.....	20
Gambar 4.1 Distribusi medan listrik dalam kondisi normal .....	25
Gambar 4.2 Distribusi medan listrik pada permukaan isolator dalam kondisi terkontaminasi partikel asap terbakarnya hutan tipe 1 .....	25
Gambar 4.3 Distribusi medan listrik pada inti permukaan dalam kondisi terkontaminasi partikel asap terbakarnya hutan tipe 2.....	26
Gambar 4.4 Distribusi medan elektrik pada keadaan normal.....	27
Gambar 4.5 Distribusi medan elektrik pada bagian permukaan isolator terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1.....	27
Gambar 4.6 Distribusi medan elektrik pada bagian permukaan isolator terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1 .....	28
Gambar 4.7 Tegangan elektrik pada isolator dalam kondisi normal .....	28
Gambar 4.8 Tegangan elektrik pada bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1.....	29
Gambar 4.9 Tegangan elektrik pada bagian inti terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan .....	29
Gambar 4.10. Grafik pengaruh tegangan pada kondisi normal.....	30
Gambar 4.11 grafik tegangan pada bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1 .....	30

Gambar 4.12 grafik tegangan pada bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan.....	31
Gambar 4.13 <i>flux density</i> pada isolator dalam keadaan normal .....	32
Gambar 4.14 <i>flux density</i> pada isolator bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1 .....	32
Gambar 4.15 <i>flux density</i> pada isolator bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 2 .....	33
Gambar 4.16 grafik <i>flux density</i> pada isolator dalam kondisi normal .....	33
Gambar 4.17 grafik <i>flux density</i> pada isolator bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1.....	34
Gambar 4.17 grafik <i>flux density</i> pada isolator bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 2.....	34

## DAFTAR TABEL

4.1 Nilai relative material yang digunakan pada simulasi <i>flux density</i> dan <i>electric field</i> .....	24
4.2 Distribusi medan listrik dalam kondisi normal.....	36
4.3 Distribusi medan listrik pada permukaan isolator dalam kondisi terkontaminasi partikel asap terbakarnya hutan tipe 1 .....	39
4.4 Distribusi medan listrik pada permukaan isolator dalam kondisi terkontaminasi partikel asap terbakarnya hutan tipe 2.....	43
4.5 Distribusi medan elektrik pada keadaan normal.....	47
4.6 Distribusi medan elektrik pada bagian permukaan isolator terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1 .....	50
4.7 Distribusi medan elektrik pada bagian permukaan isolator terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 2.....	54
4.8 Tegangan elektrik pada isolator dalam kondisi normal .....	58
4.9 Tegangan elektrik pada bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 1 .....	61
4.10 Tegangan elektrik pada bagian permukaan terkontaminasi partikel asap dari terbakarnya hutan tipe 2 .....	65

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1...	36
LAMPIRAN 2...	69
LAMPIRAN 3...	70
LAMPIRAN 4...	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat maka diperlukan suatu pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik yang baik. Sistem pentransmisi tenaga listrik Indonesia sampai saat ini menggunakan sistem penyaluran hantaran udara[1] .

Salah satu komponen utama pada jaringan transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik adalah isolator. Isolator merupakan suatu alat yang digunakan untuk menopang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik yang berfungsi untuk memisahkan dua buah kawat atau lebih agar tidak terjadi kebocoran arus (leakage current) atau loncatan bunga api (flashover). Isolator juga bertugas menahan medan listrik yang mengalir agar tidak terjadi distribusi medan listrik berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan pada system jaringan tenaga listrik [1][2][3].

Isolator banyak dipakai pada aplikasi ruang terbuka dan dapat terkena pencemaran lingkungan yang menyebabkan isolator mengalami kegagalan isolasi akibat terkontaminasi dalam jangka panjang. Lapisan pada isolator yang terkontaminasi itu bila dalam keadaan kering tidak terlalu menyebabkan efek yang merugikan, tetapi bila dalam keadaan basah maka partikel-partikel kontaminan pada isolator akan larut dalam air dan dapat menyebabkan kerugian yang lebih pada isolator tersebut. Polutan yang menempel pada isolator dan keadaan udara di sekitar permukaan isolator akan mempengaruhi tahanan dan konduktivitas permukaan isolator[3][4][5][6] .

Material isolator yang populer digunakan pada sistem tenaga listrik di Indonesia sampai saat ini adalah isolator jenis kaca, dikarenakan selain harganya relatif murah, mudah didapatkan, bentuknya yang transparan (lebih Jelas

dibandingkan porselen), sehingga sedikit cacat, ketakmurnian gelembung udara, retak-retak, kotoran-kotoran yang lain dapat dideteksi dengan mudah dan bersifat . Kontaminasi pada isolator yang dipasang di daerah tropis rawan akan kebakaran hutan seperti di Indonesia menjadi masalah besar dalam system operasi tenaga listrik. Polutan yang menempel pada isolator akan mempengaruhi nilai ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) [7][8][9][10][11]. Polutan yang semakin tinggi menyebabkan ESDD nya akan semakin tinggi, sehingga kinerja bahan seperti arus bocor permukaan akan semakin tinggi juga [12][13].

Perencanaan isolasi saluran transmisi hantaran udara, dituntut untuk dapat memperhatikan pengaruh kontaminasi polutan terhadap isolator dan dalam kasus ini adalah asap hasil kebakaran hutan. Asap akan menimbulkan polutan sejumlah transmisi saluran hantaran udara yang mengganggu persebaran dielektrik suatu bahan.

Berdasarkan kelebihan dan permasalahan diatas, penulis akan membahas tentang pengaruh asap hasil pembakaran hutan terhadap distribusi medan listrik pada isolator piring yang terkontaminasi partikel debu menggunakan simulasi Finite *Element Method Magnetics* (FEMM) untuk melihat persebaran distribusi medan listrik pada isolator terkontaminasi dan yang normal agar bisa dianalisa pengaruh terhadap kehandalan isolator itu sendiri [14][15][16].

## **1.2. Perumusan Masalah**

Kebakaran hutan dan lahan beberapa tahun terakhir belakang ini yang terjadi diberbagai daerah baik sepanjang jalan tol Palembang-Indralaya, Jambi maupun ditempat lainnya menyebabkan Isolator pada jaringan transmisi terkontaminasi oleh partikel asap. Lapisan asap tersebut selain menyebabkan kebocoran arus atau loncatan bunga api tetapi juga mempengaruhi persebaran distribusi medan listrik. Untuk itu penulis akan membahas bagaimana perbedaan distribusi medan listrik pada isolator yang terkontaminasi akibat partikel asap dengan kondisi yang normal menggunakan simulasi Finite *Element Method*



*Magnetics* (FEMM) serta menggunakan isolator jenis kaca dikarenakan selain banyak digunakan di Indonesia dan juga transparan sehingga langsung bisa dideteksi jika isolatornya terkontaminasi oleh partikel asap tersebut[17][18][19].

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan hasil perubahan persebaran medan listrik yang terkontaminasi partikel asap dan yang normal.
2. mendapatkan hasil pengaruh tegangan akibat menumpuknya lapisan partikel asap pada isolator.
3. Mendapatkan hasil perubahan flux density yang terjadi akibat pengaruh kontaminasi polutan asap.

### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Isolator yang digunakan yaitu isolator transmisi jenis piring.
2. Jumlah isolator yang akan saya uji adalah satu buah. Ada beberapa jenis material polutan yang menempel pada permukaan suatu isolator. Dalam penelitian ini, polutan yang digunakan adalah polutan partikel asap.
3. Standar isolator yang digunakan adalah standar yang digunakan PLN[20]
4. Tegangan digunakan yaitu tegangan AC.
5. Pengaruh kelembaban dan tekanan tidak bisa disimulasikan menggunakan aplikasi Finite *Element Method Magnetics* (FEMM) [31][32]
6. Simulasi dilakukan dengan membandingkan kondisi medan listrik pada permukaan isolator yang terkontaminasi partikel Asap dengan kondisi normal.

7. Bentuk kontaminan yang akan divariasikan adalah dengan mempertimbangkan banyak nya polutan yang menempel pada isolator, untuk mengetahui lebih dalam, analisis dilakukan pada kondisi normal, terkontaminasi polutan di permukaan tipe 1 dan terkontaminasi polutan di permukaan tipe 2..

## 1.5 Hipotesis

Berdasarkan studi dan tinjauan pustaka dari beberapa referensi hasil penelitian didapatkan bahwa penelitian untuk melihat persebaran *electric field* diseluruh isolator[21][22].

Berdasarkan teori dari penelitian-penelitian sebelumnya, muatan pada Isolator karena sulit bergerak maka ia tersebar merata keseluruhan bagian dan saling berinteraksi didalam medan tersebut. Karena perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik, maka perubahan medan listrikpun akan dapat menimbulkan perubahan medan magnet. Jenis bahan isolator juga mempengaruhi muatan listrik sehingga parameter tersebut dapat berpengaruh dalam menghasilkan distribusi medan listrik.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, lingkup kerja, hipotesis, dan sistematika penulisan

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori dasar yang berkaitan dengan isolator, polutan dan karakteristiknya.

### BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang tempat, waktu, peralatan yang digunakan, rangkaian percobaan, prosedur pengujian, teknik pengambilan data dan pengolahan data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir dan menjelaskan secara umum tentang proses penelitian yang akan dilakukan.

### BAB IV HASIL PENELITIAN

Pada bab ini berisi hasil penelitian atau gambaran hasil penelitian berdasarkan teori dan *literature review*.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran hasil dari penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] [D. Hernaldo, R. . Prasetyo, Firman, and Y. Irawan, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. 2010.
- [2] D. Fahmi, I. M. Yulistya, D. Anton Asfani, and Y. Afif, “Analisis Distribusi Medan Listrik pada Isolator Gantung Jenis Polimer akibat Pengaruh Kontaminan,” *J. Nas. Tek. Elektro*, 2015, doi: 10.20449/jnte.v4i2.158.
- [3] N. A. Othman, M. A. M. Piah, Z. Adzis, H. Ahmad, and N. A. Ahmad, “Simulation of voltage and electric-field distribution for contaminated glass insulator,” in *Proceeding - 2013 IEEE Student Conference on Research and Development, SCOReD 2013*, 2013, doi: 10.1109/SCOReD.2013.7002554.
- [4] R. Zoro, G. K. M. Atmajaya, and B. Denov, “Lightning Protection System for High Voltage Transmission Line in Indonesia,” in *Proceedings of the 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems: Towards Sustainable and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019*, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011069.
- [5] I. E. C. Porcelain and P. Insulators, “Insulators for AC and DC Applications.”
- [6] B. Subba Reddy, N. A. Sultan, P. M. Monika, B. Pooja, O. Salma, and K. V. Ravishankar, “Simulation of potential and electric field for high voltage ceramic disc insulators,” in *2010 5th International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIIS 2010*, 2010, doi: 10.1109/ICIINFS.2010.5578647.
- [7] B. Subba Reddy, B. Satish Naik, U. Kumar, and L. Satish, “Potential and electric field distribution in a ceramic disc insulator string with faulty insulators,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*, 2012, doi: 10.1109/ICPADM.2012.6318928.

- [8] H. L. Rasara and K. L. Wong, "Electrical field and potential distribution of polymer insulators under the influence of a three phase supply," in *ICHVE 2012 - 2012 International Conference on High Voltage Engineering and Application*, 2012, doi: 10.1109/ICHVE.2012.6357004.
- [9] T. Zhao and M. G. Comber, "Calculation of electric field and potential distribution along nonceramic insulators considering the effects of conductors and transmission towers," *IEEE Trans. Power Deliv.*, 2000, doi: 10.1109/61.847268.
- [10] "Analisis Pengaruh Polutan Pada Isolator Kaca Terhadap Distribusi Tegangan Isolator Rantai," *Singuda ENSIKOM*, 2016.
- [11] K. Azhar, I. Dharmayanti, and I. Mufida, "Kadar Debu Partikulat (PM<sub>2,5</sub>) dalam Rumah dan Kejadian ISPA pada Balita di Kelurahan Kayuringin Jaya, Kota Bekasi Tahun 2014," *Media Penelit. dan Pengemb. Kesehat.*, 2016, doi: 10.22435/mpk.v26i1.4903.45-52.
- [12] K. D. Sepriani, A. Turyanti, and M. Kudsy, "SEBARAN PARTIKULAT (PM<sub>10</sub>) PADA MUSIM KEMARAU DI KABUPATEN TANGERANG DAN SEKITARNYA," *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, 2014, doi: 10.29122/jstmc.v15i2.2675.
- [13] L. An, X. Jiang, and Z. Han, "Measurements of equivalent salt deposit density (ESDD) on a suspension insulator," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, 2002, doi: 10.1109/TDEI.2002.1024434.
- [14] D. Meeker, "Finite element method magnetics *Version4.2 User's Manual*. 2018, d
- [15] T. R. Koehler and D. R. Fredkin, "Finite Element Methods for Micromagnetics," *IEEE Trans. Magn.*, 1992, doi: 10.1109/20.123912.
- [16] D. Meeker, "Finite Element Method Magnetics: HomePage," *femm.info*, 2019. .

- [17] M. T. Gençoğlu and M. Cebeci, "The pollution flashover on high voltage insulators," *Electr. Power Syst. Res.*, 2008, doi: 10.1016/j.epsr.2008.03.019.
- [18] D. A. Sulistyanto, Hermawan, and A. Syakur, "Analisis Arus Bocor dan Tegangan Flashover pada Isolator Suspensi 20 kV 3 Sirip Dengan 4 Tipe Sirip Berbahan Polimer Resin Epoksi Silane Silika," *Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, 2009.
- [19] L. M. K. Amali, "Analisis Pengujian Arus Bocor Line Post Insulator 70 kV yang Terkontaminasi," *J. Tek. Elektro, Univ. Negeri Gorontalo*, 2012.
- [20] DRG.Supersedes Old From DRG.No.T24953M, Date Feb.19, 1999.
- [21] "ELECTRIC FIELD AND VOLTAGE DISTRIBUTION ALONG INSULATORS UNDER POLLUTION," no. 5.
- [22] B. Hani and A. Boubakeur, "Simulation of the potential and electric field distribution on high voltage insulator using the finite element method SIMULATION OF THE POTENTIAL AND ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION ON," no. March, 2018, doi: 10.29354/diag/86414.
- [23] Schwalm, Andy.2010. Insulators 101. New Orleans:IEEE Conference Publication.
- [24] P. Transmission and D. Networks, "Insulator catalogue."
- [25] E. T. H. E. World, "PPC Porcelain Solid Core Post Insulators and Operating Rods of Innovation ."
- [26] D. Insulators, "The very Best . Quality Engineered E x p e c t."
- [27] P. D. M. Santoso, D. D. Lestiani, M. Marselina, and R. Mukhtar, "KARAKTERISTIK PARTIKULAT UDARA AMBIEN DAN TERESPIRASI DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI NON FORMAL," *J. Sains dan Teknol. Nukl. Indones.*, 2016, doi: 10.17146/jstni.2016.17.1.2342.
- [28] N. D. Zannaria, D. Roosmini, and M. Santoso, "Karakteristik Kimia Paparan

Partikulat Terespirasi,” *J. S ains dan Teknol. Nukl. Indones.*, 2009.

- [29] Bindu, V.Hima, V.V.S.Madhuri, Chandrashekar.D. "Basic Electrical Engineering". 2014.
- [30] K. S. Cole and R. H. Cole, "Dispersion and absorption in dielectrics I. Alternating current characteristics," *J. Chem. Phys.*, 1941, doi: 10.1063/1.1750906.
- [31] Harisuryono. Rafdito, Sumardi,dan Budi Setiyono, "Sistem pengukuran data suhu, Kelembapan, dan Tekanan udara dengan Telemetry Berbasis Frekuensi Radio'.2015.
- [32] Bahri, Samsul. " Kajian Penyebaran kabut asap kebakaran hutan dan lahan di wilayah sumatra bagian utara dan kemungkinan mengatasainya dengan TM". 2002.