



**ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI
MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA
SISTEM 150 KV MENGGUNAKAN SIMULASI COMSOL
*MULTIPHYSICS***

SKRIPSI

NAJMA ZAHRA

2210314088

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
2026**



**ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI
MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA
SISTEM 150 KV MENGGUNAKAN SIMULASI COMSOL
*MULTIPHYSICS***

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

NAJMA ZAHRA

2210314088

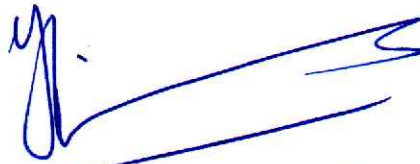
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi yang diajukan oleh:

Nama : Najma Zahra
NIM : 2210314088
Program Studi : S1 – Teknik Elektro
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP
DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK ISOLATOR
KERAMIK U120B PADA SISTEM 150 KV
MENGUNAKAN SIMULASI COMSOL
MULTIPHYSICS

telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.

Penguji Utama



Nur Fauziyah, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



**Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah,
S.T., M.T., IPM.**

Dekan Fakultas Teknik



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

Penguji I (Pembimbing)



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

**Koordinator Program Studi
Teknik Elektro**

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 23 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI
MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA
SISTEM 150 KV MENGGUNAKAN SIMULASI COMSOL
*MULTIPHYSICS***

Najma Zahra

NIM. 2210314088

Disetujui oleh,

Pembimbing I



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

Pembimbing II



Ir. Ferdyanto, S.T., M.T.

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta



Luh Krisnawati, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip ataupun digunakan sebagai rujukan telah saya nyatakan benar.

Nama : Najma Zahra
NIM : 2210314088
Program Studi : S1 – Teknik Elektro

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 23 Juli 2026

Yang menyatakan,



Najma Zahra

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai *civitas academica* Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Najma Zahra

NIM : 2210314088

Program Studi : S1 – Teknik Elektro

menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA SISTEM 150 KV MENGUNAKAN SIMULASI COMSOL *MULTIPHYSICS*

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola (dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Juli 2026

Yang menyatakan,



Najma Zahra

ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA SISTEM 150 KV MENGGUNAKAN SIMULASI COMSOL *MULTIPHYSICS*

Najma Zahra

ABSTRAK

Polusi pada permukaan isolator saluran transmisi dapat menyebabkan ketidakseragaman distribusi medan listrik yang berpotensi meningkatkan risiko *Flashover*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi distribusi polusi (*Top/Bottom ratio*), *Equivalent Salt Deposit Density* (ESDD), dan ketebalan lapisan polusi terhadap distribusi medan listrik pada isolator keramik U120B sistem transmisi 150 kV, serta menentukan jumlah keping isolator yang direkomendasikan berdasarkan kriteria *Specific Creepage Distance* (SCD) dan kuat medan listrik maksimum. Simulasi dilakukan menggunakan COMSOL *Multiphysics* dengan modul *Electric Currents* pada studi *Frequency Domain* 50 Hz. Lapisan polusi dimodelkan menggunakan pendekatan *Electric Shielding*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan pendekatan pemodelan yang digunakan, variasi ESDD dan ketebalan lapisan polusi memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap distribusi medan listrik, sedangkan variasi rasio persebaran polusi memberikan pengaruh yang lebih dominan terhadap peningkatan konsentrasi medan listrik. Evaluasi jumlah keping menunjukkan bahwa konfigurasi minimum yang memenuhi kriteria adalah 15 keping, sedangkan dengan mempertimbangkan persyaratan SCD hingga kategori polusi sangat berat, konfigurasi 16 keping direkomendasikan sebagai konfigurasi akhir pada penelitian ini.

Kata Kunci: *COMSOL Multiphysics, distribusi medan Listrik, Equivalent Salt Deposit Density (ESDD), isolator keramik U120B, Top/Bottom ratio*

***ANALYSIS OF THE EFFECT OF POLLUTION ON THE
ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION OF U120B CERAMIC
INSULATORS IN A 150 KV TRANSMISSION SYSTEM USING
COMSOL MULTIPHYSICS***

Najma Zahra

ABSTRACT

Pollution on the surface of transmission line insulators may cause non-uniform electric field distribution, potentially increasing the risk of Flashover. This study aims to analyze the effects of pollution distribution (Top/Bottom ratio), Equivalent Salt Deposit Density (ESDD), and pollution layer thickness on the electric field distribution of U120B ceramic insulators in a 150 kV transmission system, as well as to determine the recommended number of insulator discs based on the Specific Creepage Distance (SCD) criterion and the maximum electric field. Simulations were conducted using COMSOL Multiphysics with the Electric Currents interface under a 50 Hz Frequency Domain study. The pollution layer was modeled using the Electric Shielding approach. The results indicate that, within the adopted modeling approach, variations in ESDD and pollution layer thickness have relatively minor effects on the electric field distribution, whereas variations in the Top/Bottom ratio have a more dominant influence on the concentration of the electric field. The insulator string evaluation shows that the minimum configuration satisfying the adopted criterion is 15 discs. However, when the SCD requirement for the very heavy pollution category is also considered, a configuration of 16 discs is recommended as the final configuration in this study.

Keywords: *COMSOL Multiphysics, electric field distribution, Equivalent Salt Deposit Density (ESDD), U120B ceramic insulator, Top/Bottom ratio*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ANALISIS PENGARUH POLUSI TERHADAP DISTRIBUSI MEDAN LISTRIK ISOLATOR KERAMIK U120B PADA SISTEM 150 KV MENGGUNAKAN SIMULASI COMSOL *MULTIPHYSICS*”. Penulisan dan pembuatan skripsi ini diperuntukkan sebagai salah satu syarat akademis dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini, terdapat banyak pihak yang senantiasa membantu dan selalu memberi dukungan untuk penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah membantu, membersamai, mendukung, memberi arahan, mempercayai dan mendoakan penulis selama pengerjaan skripsi ini, kepada:

1. Keluarga yang sangat penulis cintai dan sayangi, Bapak, Mamah, Ka Icha dan Ka Fathi. Keluarga yang selalu memberikan segalanya untuk penulis, baik itu doa, dukungan, serta seluruh hal yang terlihat dan tidak terlihat dalam hidup penulis.
2. Ibu Dr. Luh Krisnawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan arahan, masukan, dan motivasi yang sangat berharga dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Ir. Ferdianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang juga senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan dan saran yang sangat berharga untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T., Ibu Nur Fauziyah S.T., M.T., dan Bapak Dr. M. Alif Razi, Spi, M.Sc. selaku Dosen penguji yang turut membantu memberikan masukan dan saran yang sangat berharga untuk sidang Seminar Proposal dan sidang Seminar Hasil penulis.
5. Sahabat tercinta penulis, Nasywa Zhafira Putri, Alifah Nashifa Achmad, Syifa Maulidina, Siti Choiriyah, dan Ishmah Rusdianti yang selalu membersamai,

memberikan dukungan dan menyinari keseharian penulis dari awal kuliah hingga akhir penulisan skripsi ini.

6. Seluruh teman berharga penulis di Teknik Elektro, Eliza Aurelia Josephine, Lies Afwa, Tiara Evidia Wati, Anya Zahra, Putri Setyarini, Maisya Farah Kalya Putri, Liemalasintasari, dan Rania Aisyka Rabihatul Hayah, Aisyah Azka, dan Nadea Salsabila yang turut memberikan keindahan dan kehangatan dalam kehidupan perkuliahan penulis.
7. Teman-teman TTL, Elkaken, dan Telkom yang berjuang bersama penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Tetapi, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan, saran, dan kritikan yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penelitian lanjutannya. Akhir kata, penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak di kemudian hari.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Sistem Transmisi Tenaga Listrik 150 kV	8
2.3 Isolator Keramik Tegangan Tinggi	9
2.3.1 Karakteristik Dielektrik Keramik	10
2.3.2 Konstruksi Isolator <i>Cap</i> dan <i>Pin</i>	10
2.3.3 Jarak Rambat (<i>Creepage Distance</i>)	11
2.4 Karakteristik Elektrik Renteng Isolator	12
2.4.1 Konfigurasi Renteng Isolator	12
2.4.2 Kapasitansi Parasitik dan Efisiensi	13
2.4.3 Distribusi Medan Listrik	13
2.5 <i>Corona Ring</i>	14
2.6 Polusi pada Isolator.....	15
2.6.1 <i>Equivalent Salt Deposit Density</i> (ESDD)	15
2.6.2 Klasifikasi Polusi Standar IEC 60815.....	16

2.6.3 Distribusi Polusi <i>Non-Uniform</i> dan Rasio T/B	17
2.7 Kegagalan <i>Flashover</i> Isolator Terpolusi.....	17
2.7.1 Dampak Polusi pada Isolator	17
2.7.2 Mekanisme <i>Dry Band</i> dan Arus Bocor.....	18
2.8 Dielektrik Udara dan Tegangan Tembus	20
2.9 Metode Elemen Hingga (Finite Element Method).....	20
2.10 Perangkat Lunak Simulasi (COMSOL Multiphysics)	21
2.11 <i>Electric Shielding</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.1.1 Identifikasi Spesifikasi Objek	24
3.1.2 Penentuan Jarak Rambat dan Jumlah Isolator	26
3.1.3 Perhitungan Konduktivitas Skenario Polusi	27
3.1.4 Pemodelan Geometri di COMSOL Multiphysics	28
3.1.5 Penetapan Sifat Material dan Kondisi Batas.....	29
3.1.6 Pemodelan Matematis Lapisan Polusi pada Fitur <i>Electric Shielding</i>	30
3.1.7 Skenario Simulasi	31
3.1.8 Meshing.....	32
3.1.9 Pengumpulan Data Hasil Simulasi.....	32
3.1.10 Pengolahan dan Analisis Data	35
3.1.11 Kesimpulan dan Saran	35
3.2 Perangkat Penelitian.....	36
3.2.1 Perangkat Keras	36
3.2.2 Perangkat Lunak	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Pemodelan Geometri 3D.....	37
4.2 Analisis Distribusi Potensial dan Medan Listrik Kondisi Bersih	38
4.2.1 Dengan <i>Corona Ring</i>	39
4.2.2 Tanpa <i>Corona Ring</i>	44
4.3 Analisis Pengaruh Polusi	49
4.3.1 Pengaruh Tingkat Keparahan Polusi (ESDD).....	52
4.3.2 Pengaruh Ketidakteraturan Sebaran Polusi (Rasio T/B)	55
4.3.3 Pengaruh Ketebalan Lapisan Polusi Terhadap Arus Bocor	59
4.4 Identifikasi Kondisi Terburuk dan Pembentukan Pita Kering (<i>Dry Band</i>)....	60
4.4.1 Simulasi <i>Dry Band</i> pada Skenario Polusi Kritis	60
4.4.2 Evaluasi Risiko <i>Flashover</i> Berdasarkan Batas Tembus Udara.....	64

4.5 Optimasi Kinerja Jarak Rambat melalui Penambahan Keping Isolator.....	65
BAB 5 KESIMPULAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Isolator Keramik Tegangan Tinggi [17]	10
Gambar 2.2 Isolator Tipe Piringan [19].....	11
Gambar 2.3 <i>Corona Ring</i> pada Isolator Renteng [4].....	14
Gambar 2.4 Klasifikasi Tingkat Polusi Berdasarkan Standar IEC 60815 [8]	16
Gambar 2.5 Kondisi fisik permukaan isolator keramik akibat paparan polusi ...	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Gambar Dimensi Isolator Keramik Tegangan Tinggi [17].....	24
Gambar 4.1 <i>Electrical Potential</i> pada Kondisi Bersih dengan <i>Corona Ring</i>	39
Gambar 4.2 <i>Electrical Potential</i> pada Kondisi Bersih tanpa <i>Corona Ring</i>	41
Gambar 4.3 Grafik Distribusi Medan Listrik <i>Clean</i> dengan <i>Corona Ring</i>	42
Gambar 4.4 <i>Electrical Potential</i> pada Kondisi Bersih tanpa <i>Corona Ring</i>	44
Gambar 4.5 <i>Electrical Field</i> pada Kondisi Bersih tanpa <i>Corona Ring</i>	47
Gambar 4.6 Grafik Distribusi Medan Listrik <i>Clean</i> tanpa <i>Corona Ring</i>	47
Gambar 4.7 Grafik Distribusi Medan Listrik pada Variasi (ESDD)	52
Gambar 4.8 Grafik Distribusi Medan Listrik pada Variasi Rasio TB	56
Gambar 4.9 <i>Electrical Potential</i> pada Kondisi <i>Dry Band</i>	61
Gambar 4.10 <i>Electrical Field</i> pada Kondisi <i>Dry Band</i>	62
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Medan Listrik pada Kondisi <i>Dry Band</i>	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 2.2 Kriteria Terjadinya <i>Flashover</i> [33]	20
Tabel 3.1 Spesifikasi Isolator U120B [17].....	24
Tabel 3.2 Properti Elektrik Material Penyusun Isolator U120B dan Lingkungan	25
Tabel 3.3 Klasifikasi Tingkat Polusi [21].....	25
Tabel 3.4 Klasifikasi tingkat keparahan polusi dan nilai SCD.....	26
Tabel 4.1 Tingkat <i>Mesh</i>	37
Tabel 4.2 <i>Electrical Potential</i> , Tegangan Jatuh, dan Persentase Tegangan Jatuh per Keping pada Kondisi Bersih dengan <i>Corona Ring</i>	40
Tabel 4.3 <i>Electrical Potential</i> , Tegangan Jatuh, dan Persentase Tegangan Jatuh per Keping pada Kondisi Bersih tanpa <i>Corona Ring</i>	45
Tabel 4.4 48 Skenario Polusi.....	50
Tabel 4.5 Kuat Medan Listrik Maksimum pada Variasi ESDD.....	54
Tabel 4.6 Kuat Medan Listrik Maksimum pada Variasi Rasio TB.....	57
Tabel 4.7 Evaluasi Parameter Ketebalan terhadap Arus Bocor dan Emax	59
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Variasi Jumlah Keping pada Kondisi <i>Dry Band</i>	66
Tabel 4.9 Kebutuhan Jumlah Keping Minimum Berdasarkan Kriteria SCD	67
Tabel 4.10 Rekomendasi Jumlah Keping Akhir Berdasarkan Kriteria Gabungan	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Keping Isolator
- Lampiran 2** 10 Keping Isolator
- Lampiran 3** Parameter *Set Up*
- Lampiran 4** Parameter *Sweep*
- Lampiran 5** *Electric Shielding Bottom Set Up*
- Lampiran 6** *Electric Shielding Top Set Up*
- Lampiran 7** *Grounding Set Up*
- Lampiran 8** *High Voltage Set Up*
- Lampiran 9** Pengaturan *Meshing*
- Lampiran 10** Jumlah *Meshing* pada 10 Keping Isolator
- Lampiran 11** Jumlah *Meshing* pada 11 Keping Isolator
- Lampiran 12** Jumlah *Meshing* pada 12 Keping Isolator
- Lampiran 13** Jumlah *Meshing* pada 13 Keping Isolator
- Lampiran 14** Jumlah *Meshing* pada 14 Keping Isolator
- Lampiran 15** Jumlah *Meshing* pada 15 Keping Isolator
- Lampiran 16** Jumlah *Meshing* pada 16 Keping Isolator
- Lampiran 17** *Electric Field* pada Variasi ESDD
- Lampiran 18** *Electric Field* pada Variasi Rasio T/B
- Lampiran 19** *Electric Field* pada Kondisi *Dry Band*
- Lampiran 20** Tabel Kuat Medan Listrik Maksimum 48 Skenario
- Lampiran 21** *Electric Field* Kondisi Bersih, Variasi Polusi, dan Kondisi *Dry Band*