

**KLASIFIKASI DAN PEMODELAN ARUS BOCOR PADA ISOLATOR
KERAMIK 150 kV YANG TERKONTAMINASI SECARA ALAMI
DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTRUM HARMONIK DAN REGRESI
LINIER MULTIVARIAT**

DISERTASI

Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata tiga
(S-3) di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

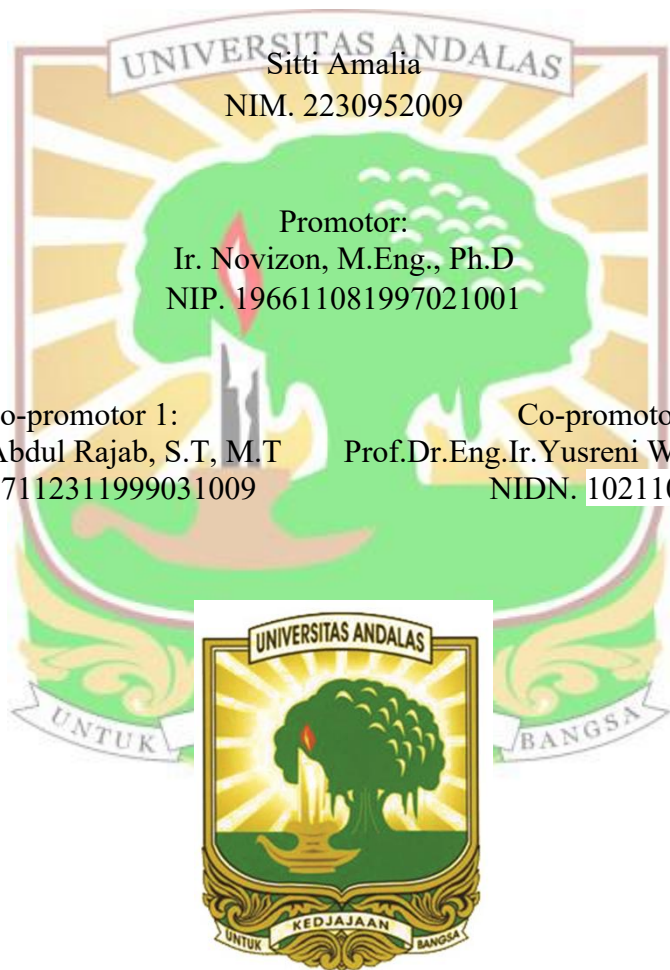
Oleh:

Sitti Amalia
NIM. 2230952009

Promotor:
Ir. Novizon, M.Eng., Ph.D
NIP. 196611081997021001

Co-promotor 1:
Dr.Eng. Abdul Rajab, S.T, M.T
NIP. 197112311999031009

Co-promotor 2:
Prof.Dr.Eng.Ir.Yusreni Warmi, S.T., M.T
NIDN. 1021107202



**PROGRAM STUDI DOKTOR
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

Judul	Klasifikasi dan Pemodelan Arus Bocor pada Isolator Keramik 150 kV yang Terkontaminasi Secara Alami dengan Menggunakan Spektrum Harmonik dan Regresi Linier Multivariat	Sitti Amalia
Program Studi	Doktor Teknik Elektro	2230952009
Fakultas Teknik Universitas Andalas		
ABSTRAK Fenomena kontaminasi alami pada isolator keramik 150 kV di lingkungan tropis lembab menjadi salah satu penyebab utama degradasi performa isolasi dan peningkatan risiko <i>flashover</i> pada saluran udara transmisi tegangan tinggi. Penelitian ini mengembangkan klasifikasi dan pemodelan arus bocor berbasis kombinasi analisis spektrum harmonik dan regresi linier multivariat, yang secara langsung memetakan pengaruh kontaminasi lapangan terhadap perilaku arus bocor. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi parameter spektral, yaitu Total Harmonic Distortion (THD), frekuensi dominan, dan magnitudo harmonik, dengan parameter fisik kontaminasi, yaitu Equivalent Salt Deposit Density (ESDD) dan Non-Soluble Deposit Density (NSDD), berdasarkan data lapangan dari kondisi ekstrem tropis basah, yang jarang dilakukan secara simultan pada studi isolator tegangan tinggi di Indonesia. Pengujian dilakukan menggunakan tegangan bertingkat 10,578 V, 21,063 V, dan 30,569 V, dengan proses Fast Fourier Transform (FFT) untuk mendapatkan parameter spektral arus bocor. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa arus bocor tertinggi dihasilkan oleh isolator terkontaminasi bekas <i>flashover</i> (365 μA) diikuti debu (361 μA), dan lumut (306 μA). Distorsi harmonik juga signifikan dengan nilai THD tertinggi pada bekas <i>flashover</i> (42,07%), lumut (36,00%), dan debu (25,30%), yang mengindikasikan potensi THD sebagai indikator degradasi isolasi. Model regresi linier multivariat berhasil dikembangkan untuk memetakan hubungan parameter fisik, lingkungan, dan spektral terhadap arus bocor. Hasil analisis menunjukkan bahwa NSDD merupakan faktor dominan dalam peningkatan arus bocor pada seluruh jenis kontaminasi, dengan koefisien regresi tertinggi pada debu (+87,920), bekas <i>flashover</i> (+10,941), dan lumut (+3,599). ESDD berkontribusi positif pada lumut (+8,109), namun negatif pada debu (-22,808), dan ESDD dikeluarkan dari model <i>flashover</i> karena multikolinearitas. Parameter spektral seperti frekuensi dominan dan magnitudo harmonik terbukti tidak signifikan secara statistik untuk prediksi kuantitatif, tetapi tetap berfungsi penting sebagai fitur klasifikasi jenis kontaminan. Temuan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem monitoring kondisi isolator berbasis sinyal arus bocor yang lebih adaptif dan real-time, khususnya untuk aplikasi di wilayah tropis dengan IKL tinggi. Model ini berpotensi menjadi bagian dari sistem peringatan dini (<i>early warning system</i>) risiko <i>flashover</i>, sehingga dapat meningkatkan keandalan operasi jaringan transmisi tegangan tinggi di lingkungan Tropis basah dan IKL yang tinggi. Kata kunci: Arus bocor (<i>Leakage current</i>), <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD), <i>Equivalent Salt Deposit Density</i> (ESDD), <i>Non-Soluble Deposit Density</i> (NSDD), <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT), Regresi Linier Multivariat.		

Title	Classification and Modeling of Leakage Current in Naturally Contaminated 150 kV Ceramic Insulators Using Harmonic Spectrum and Multivariate Regression	Sitti Amalia
Mayor	Doctor in Electrical Engineering	2230952009
Engineering Faculty Andalas University		
ABSTRACT The phenomenon of natural contamination on 150 kV ceramic insulators in humid tropical environments is a major cause of insulation performance degradation and increased flashover risk in high-voltage transmission lines. This study develops a classification and modeling approach for leakage current using harmonic spectrum analysis and multivariate linear regression, directly mapping the influence of field contamination on leakage current behavior. The novelty lies in integrating spectral parameters—Total Harmonic Distortion (THD), dominant frequency, and harmonic magnitude—with physical contamination parameters—Equivalent Salt Deposit Density (ESDD) and Non-Soluble Deposit Density (NSDD)—based on field data under extreme humid tropical conditions. Such integration is rarely applied in high-voltage insulator studies in Indonesia. Experimental tests were conducted at stepped voltage levels of 10.578 kV, 21.063 kV, and 30.569 kV. Fast Fourier Transform (FFT) was used to extract spectral parameters from leakage current signals. The highest leakage current occurred in flashover-contaminated insulators (365 μA), followed by dust (361 μA) and moss (306 μA). High harmonic distortion was observed, with THD peaking in flashover (42.07%), moss (36.00%), and dust (25.30%), highlighting THD's potential as a key indicator of insulation degradation. A multivariate linear regression model was developed to correlate physical, environmental, and spectral parameters with leakage current. NSDD emerged as the most dominant factor, with the highest regression coefficients in dust (+87.920), flashover (+10.941), and moss (+3.599). ESDD contributed positively in moss (+8.109) but negatively in dust (−22.808), and was excluded from the flashover model due to multicollinearity. While spectral parameters were statistically insignificant for prediction, they remain essential for contamination classification. These findings contribute to condition monitoring systems for high-voltage insulators based on leakage current signals, enabling more adaptive, real-time diagnostics. The proposed model also shows potential for integration into early warning systems for flashover risk, improving reliability of transmission line operation in tropical high-pollution environments Keywords: Leakage current, Total Harmonic Distortion (THD), Equivalent Salt Deposit Density (ESDD), Non-Soluble Deposit Density (NSDD), Fast Fourier Transform (FFT), Multivariate Linear Regression.		