UNIVERSITAS
GADJAH MADA
DEGRADASI HIDROFOBISITAS DAN KINERJA LISTRIK ISOLATOR KERAMIK AKIBAT PAJANAN KORONA: PERBANDINGAN
SPESIMEN TANPA PELAPISAN DAN DENGAN PELAPISAN NANO SILICONE COATING
Billie Orlando Kurniawan, Harry Prabowo, S.T., M.T. ; Prof. Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Isolator keramik banyak digunakan pada sistem tegangan tinggi karena memiliki kekuatan mekanik dan termal yang baik, tetapi permukaannya tetap rentan mengalami penurunan kinerja ketika terpapar stres listrik dan kondisi lingkungan lembap. Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan permukaan adalah pelapisan menggunakan *nano silicone coating*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pajanan korona terhadap karakteristik pembasahan dan kinerja listrik spesimen keramik alumina 92 tanpa pelapisan dan dengan pelapisan *nano silicone coating*, serta mengevaluasi keterkaitan antara sudut kontak, arus bocor, dan tegangan *flashover*.

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan konfigurasi elektroda *multi-needle plane* dengan tegangan AC 18 kV, jarak ujung elektroda terhadap permukaan spesimen 2 cm, dan durasi pajanan hingga 6 menit. Arus bocor dan tegangan *flashover* diamati pada titik 0, 2, 4, dan 6 menit, sedangkan sudut kontak diamati pada titik 0, 2, 4, dan 6 menit menggunakan tetesan air akuades 8 μL. Pemodelan COMSOL Multiphysics digunakan untuk menggambarkan distribusi medan listrik dan membantu menjelaskan daerah stres medan yang berpotensi memicu korona pada permukaan spesimen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pajanan korona menurunkan sudut kontak dan kinerja listrik permukaan pada kedua spesimen. Pada spesimen tanpa pelapisan, arus bocor meningkat dari 0,115 mA menjadi 0,312 mA setelah pajanan 6 menit, sedangkan pada spesimen berlapis meningkat dari 0,059 mA menjadi 0,090 mA. Tegangan *flashover* rata-rata spesimen tanpa pelapisan turun dari 46,6 kV menjadi 45,2 kV, sedangkan spesimen berlapis turun dari 46,2 kV menjadi 45,6 kV. Retensi sudut kontak akhir spesimen tanpa pelapisan hanya 20,59%, sedangkan spesimen berlapis masih mencapai 74,81%. Hasil COMSOL menunjukkan bahwa medan listrik rata-rata pada permukaan luar coating sebesar $1,8559 \times 10^5$ V/m, lebih tinggi dibandingkan permukaan tanpa pelapisan sebesar $1,3185 \times 10^5$ V/m dan permukaan keramik di bawah coating sebesar $1,3381 \times 10^5$ V/m. Nilai yang lebih tinggi pada coating masih sesuai secara fisik karena permitivitas relatif coating sebesar 3,9 lebih rendah daripada permitivitas relatif keramik alumina yang sekitar 9, sehingga estimasi rasio medan normal sederhana adalah $9/3,9 = 2,31$. Secara mekanistik, korona dapat menghasilkan ion, ozon, dan spesies oksidatif yang meningkatkan sifat polar permukaan, sehingga air lebih mudah menyebar dan sudut kontak menurun. Penurunan sudut kontak menyebabkan jalur air atau kelembapan pada permukaan lebih mudah terbentuk, sehingga arus bocor meningkat. *Nano silicone coating* menahan proses tersebut dengan mempertahankan karakter pembasahan yang lebih hidrofobik, sehingga kenaikan arus bocor pada spesimen berlapis lebih rendah. Pengaruh pelapisan terhadap tegangan *flashover* tetap lebih moderat dibandingkan sudut kontak dan arus bocor karena pengujian dilakukan pada spesimen kering, sehingga penurunan hidrofobisitas tidak langsung membentuk jalur konduktif basah yang dominan. Pada kondisi tersebut, *flashover* juga dipengaruhi oleh jalur pelepasan listrik, konfigurasi medan, dan kondisi permukaan sesaat saat tegangan dinaikkan.

Kata kunci : arus bocor, keramik alumina 92, *nano silicone coating*, pajanan korona, sudut kontak

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
DEGRADASI HIDROFOBISITAS DAN KINERJA LISTRIK ISOLATOR KERAMIK AKIBAT PAJANAN KORONA: PERBANDINGAN
SPESIMEN TANPA PELAPISAN DAN DENGAN PELAPISAN NANO SILICONE COATING
Billie Orlando Kurniawan, Harry Prabowo, S.T., M.T. ; Prof. Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D., IPU.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Ceramic insulators are widely used in high-voltage systems because of their good mechanical and thermal strength. However, their surface performance can still deteriorate under electrical stress and humid environmental conditions. Nano silicone coating is one possible surface treatment approach to improve surface resistance. This study analyzes the effect of corona discharge exposure on the wettability characteristics and electrical performance of 92 alumina ceramic specimens without and with nano silicone coating. The relationship among contact angle, leakage current, and flashover voltage is also evaluated to provide an integrated interpretation of surface degradation.

The study was carried out experimentally using a multi-needle plane electrode configuration. The specimens were exposed to 18 kV AC voltage with a 2 cm gap between the needle tips and the specimen surface for up to 6 minutes. Leakage current and flashover voltage were observed at 0, 2, 4, and 6 minutes, while contact angle was observed at 0, 2, 4, and 6 minutes using an 8 μL distilled water droplet. COMSOL Multiphysics modeling was used to describe the electric-field distribution and to help explain field-stress regions that may initiate corona exposure on the specimen surface.

The results show that corona discharge exposure reduced the contact angle and electrical performance of both specimens. For the uncoated specimen, leakage current increased from 0.115 mA to 0.312 mA after 6 minutes of exposure, while the coated specimen increased from 0.059 mA to 0.090 mA. The average flashover voltage of the uncoated specimen decreased from 46.6 kV to 45.2 kV, whereas the coated specimen decreased from 46.2 kV to 45.6 kV. The final contact-angle retention of the uncoated specimen was only 20.59%, while the coated specimen retained 74.81%. The COMSOL results indicate that the average electric field on the outer coated surface was 1.8559×10^5 *V/m, higher than* 1.3185×10^5 *V/m on the uncoated surface and* 1.3381×10^5 *V/m on the ceramic surface beneath the coating. This higher field on the coating is physically reasonable because the coating relative permittivity of 3.9 is lower than the alumina ceramic permittivity of approximately 9, giving a simplified normal-field ratio of* $9/3.9 = 2.31$. *Mechanistically, corona exposure can produce ions, ozone, and oxidative species that increase surface polarity, allowing water to spread more easily and reducing the contact angle. The decrease in contact angle promotes the formation of water or moisture paths on the surface, thereby increasing leakage current. Nano silicone coating mitigates this process by retaining a more hydrophobic wetting response, which explains the lower leakage-current increase in the coated specimen. However, the coating influence on flashover voltage was more moderate than its influence on contact angle and leakage current because the flashover test was conducted under dry specimen conditions; therefore, the decrease in hydrophobicity did not directly form a dominant wet conductive path. Under this condition, flashover was also affected by discharge path formation, electric-field configuration, and instantaneous surface condition during voltage escalation.*

Keywords : alumina ceramic 92, contact angle, corona discharge, leakage current, nano silicone coating