

Analisis Hidrofobisitas dan Estimasi Kekuatan Dielektrik Isolator Keramik 150kV dengan Pelapisan RTV-SiR+SiO₂ untuk Peningkatan Keandalan Sistem Transmisi Listrik.

Hydrophobicity Analysis and Dielectric Strength Estimation of 150 kV Ceramic Insulators with RTV-SiR+SiO₂ Coating for Enhancing the Reliability of Electrical Transmission Systems

Ferdy Rahmat Hidayat¹, Yusreni Warmi², Sitti Amalia³, Arifita Yuana Dewi Rachman⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang; email: 2021310003.ferdy@itp.ac.id

[Dikirimkan: 29 September 2025, Direvisi: 15 November 2025, Diterima: 30 November 2025]
Corresponding Author: Yusreni Warmi

INTISARI — Permasalahan utama pada jalur transmisi Koto Panjang–Payakumbuh adalah tingginya tingkat polusi dan kelembapan, yang mempercepat degradasi permukaan isolator dan meningkatkan kemungkinan terjadinya flashover. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik hidrofobisitas serta mengestimasi kekuatan dielektrik isolator keramik 150 kV sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan menggunakan campuran RTV (Room Temperature Vulcanizing) silikon rubber dan nanopartikel SiO₂. Metode penelitian bersifat kuantitatif eksperimental dan mengikuti standar IEC TS 62073-2016. Evaluasi hidrofobisitas dilakukan dengan metode sessile drop, sedangkan pelapisan diterapkan menggunakan teknik spray coating dengan formulasi RTV-683, silika, hardener, thinner, dan xylene. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada hidrofobisitas permukaan, ditandai dengan kenaikan sudut kontak dari rata-rata 72° menjadi 113° setelah pelapisan. Isolator yang telah dilapisi juga mengalami penurunan arus bocor hingga 46% dibandingkan kondisi sebelum pelapisan, serta peningkatan kekuatan dielektrik dari 73,58 kV menjadi 163,70 kV. Korelasi empiris menunjukkan hubungan kuat antara peningkatan hidrofobisitas dan perbaikan performa listrik. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis hidrofobisitas dan estimasi kekuatan dielektrik pada isolator keramik yang beroperasi di lingkungan tropis dengan penggunaan nano-coating RTV–SiO₂, yang masih jarang diteliti pada studi sebelumnya.

KATA KUNCI — Isolator Keramik, Sudut Kontak, Silikon Rubber RTV, Silika (SiO₂), Kekuatan Dielektrik, Hidrofobisitas.

ABSTRACT — *The primary challenge along the Koto Panjang–Payakumbuh transmission line is the elevated levels of pollution and humidity, which accelerate insulator surface degradation and increase the likelihood of flashover. This study aims to analyze the hydrophobicity characteristics and estimate the dielectric strength of 150-kV ceramic insulators before and after coating them with a mixture of RTV (Room Temperature Vulcanizing) silicone rubber and SiO₂ nanoparticles. The research employed a quantitative experimental approach in accordance with IEC TS 62073-2016. Hydrophobicity was evaluated using the sessile drop method, while the coating was applied through a spray-coating technique using a formulation of RTV-683, silica, hardener, thinner, and xylene. The results indicate a significant improvement in surface hydrophobicity, demonstrated by an increase in contact angle from an average of 72° to 113° after coating. The coated insulators also exhibited a reduction in leakage current of up to 46% compared to uncoated conditions, alongside an increase in dielectric strength from 73.58 kV to 163.70 kV. Empirical correlations reveal a strong relationship between enhanced hydrophobicity and improved electrical performance. The novelty of this study lies in its integrated evaluation of hydrophobicity and dielectric strength on ceramic insulators operating in tropical environments using RTV–SiO₂ nano-coating, an area that has received limited attention in previous research.*

KEYWORDS — Ceramic Insulator, Contact Angle, RTV Silicone Rubber, Silica (SiO₂), Dielectric Strength, Hydrophobicity.

I. PENDAHULUAN

Sistem transmisi listrik berperan penting dalam mendistribusikan energi dari pembangkit listrik ke konsumen dan Sistem transmisi listrik memerlukan isolator yang andal untuk menjamin aliran energi tetap aman [1] Dalam sistem ini, isolator berfungsi untuk mendukung dan mengisolasi konduktor listrik, memastikan arus mengalir dengan aman tanpa terhubung ke tanah atau struktur lainnya [2][3][4]. Namun, pada saluran 150 kV Koto Panjang–Payakumbuh sering terjadi *flashover* akibat polusi dan kondisi lingkungan ekstrem, dengan panjang jalur transmisi mencapai 86 km dan total 248 menara, sekitar 63% menara berada di area

perbukitan dengan tingkat intensitas flashover mencapai 82%, termasuk tingginya frekuensi petir tahunan dengan Isokeraunic Level (IKL 173 hari/tahun), Isolator yang terpapar kondisi ekstrem cenderung mengalami degradasi yang signifikan, mengakibatkan penurunan kinerja [5][6][7][8].

Seharusnya isolator memiliki tingkat hidrofobisitas yang tinggi agar mampu meminimalkan dampak polusi dan kelembapan pada permukaan isolator. Karakteristik ini juga berperan penting dalam meningkatkan keandalan isolator ketika beroperasi pada kondisi lingkungan ekstrem, sebagaimana direkomendasikan oleh standar IEC TS 62073-2016 dan SNI 04-6220-1999. Penerapan standar tersebut dirancang untuk memastikan keandalan sistem transmisi dan distribusi listrik, sekaligus melindungi infrastruktur dari kerusakan yang disebabkan oleh kegagalan isolator [9].

Namun di lapangan jauh dari kondisi ideal yang diharapkan, Isolator yang seharusnya berfungsi sebagai elemen pelindung utama terhadap gangguan listrik justru menunjukkan gejala penurunan kinerja yang mengkhawatirkan, kontaminasi seperti lumut, debu, dan asap kendaraan menyebabkan turunnya daya dielektrik dan meningkatnya arus bocor, sehingga biaya perawatan membengkak. Solusi potensial adalah pelapisan (*coating*) dengan Silikon Rubber RTV yang terbukti meningkatkan daya tahan dielektrik, memperpanjang umur isolator, dan menurunkan risiko *flashover* [10][11][12].

Untuk mengatasi permasalahan ini, inovasi dalam teknologi coating isolator menjadi solusi potensial dengan menerapkan lapisan coating khusus yang dapat menahan efek degradasi lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan penambahan nano-silika pada RTV mampu meningkatkan sudut kontak $>90^\circ$ dan menurunkan arus bocor hingga 52% [13]. Coating berbasis Silikon Rubber RTV (Room Temperature Vulcanizing) telah terbukti efektif dalam meningkatkan daya tahan dielektrik dan mengurangi risiko flashover [10] [14].

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan korelasi empiris linier antara sudut kontak dan arus bocor sebagai metode estimasi kekuatan dielektrik. Metode ini dipilih karena uji tegangan tembus langsung pada isolator 150 kV tidak praktis [15]. Peningkatan sudut kontak terbukti berkorelasi dengan penurunan arus bocor serta peningkatan kekuatan isolasi [16]. Dengan demikian, analisis ini dapat memberikan kontribusi untuk peningkatan performa isolator di wilayah berpolusi tinggi dan mendukung keandalan sistem transmisi [15][16]. Dengan memahami perubahan sudut kontak hidrofobisitas pada isolator berlapis silikon rubber RTV dan Silika (SiO_2), Penelitian ini sangat krusial karena dapat memberikan solusi dalam meningkatkan performa isolator di daerah dengan tingkat polusi tinggi dan dapat memberikan kontribusi bagi industri tenaga listrik dalam meningkatkan keandalan sistem transmisi [16].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pelapisan silikon rubber RTV dan silika (SiO_2) terhadap sudut kontak permukaan isolator keramik 150 kV sebelum dan sesudah dilakukan coating, mengklarifikasikan tingkat hidrofobisitas berdasarkan standar IEC TS 62073-2016, serta mengestimasi penurunan arus bocor dan peningkatan kekuatan dielektrik menggunakan pendekatan korelasi empiris tanpa melakukan pengujian tegangan tembus secara langsung.

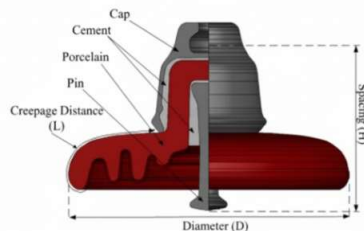
II. LANDASAN TEORI

A. ISOLATOR

Isolator dapat dikatakan elemen krusial dalam sistem transmisi, karena dapat mendukung konduktor dan mencegah arus bocor, yang memastikan bahwa sistem beroperasi dengan aman dan efisien [17]. Isolator ini dirancang untuk tahan terhadap faktor-faktor lingkungan seperti hujan, kelembapan, dan kontaminan, dengan pengujian yang dilakukan untuk menilai sifat listriknya dalam berbagai kondisi [17]

TABEL 1
SPESIFIKASI ISOLATOR PAYAKUMBUH - KOTO PANJANG [6]

Spesifikasi	Keterangan
kode material	11 isolator porselin <i>suspension</i>
BIL	1,21 MV
Diameter	25,4 cm
Panjang	1,6 to 1,87



Gambar 1 Konstruksi utama isolator piring

B. COATING ISOLATOR

Coating isolator merupakan lapisan pelindung yang diterapkan pada permukaan isolator listrik dengan tujuan untuk meningkatkan performanya terutama di lingkungan yang menantang atau terkontaminasi [18]. Bahan pelapis dapat dirancang untuk bersifat hidrofobik, sehingga mengurangi pembentukan film air yang terus-menerus pada permukaan isolator dan meminimalkan risiko terjadinya busur pita kering [18]. Beberapa manfaat utama pada coating isolator yaitu untuk meningkatkan kinerja lapisan isolasi

dapat meningkatkan kinerja listrik pada isolator, terutama dalam kondisi lingkungan berpolusi seperti kontaminasi oleh air hujan, lumut, debu, dan lain lain, sehingga coating berperan dengan cara mengurangi arus bocor dan menjaga ketahanan insulasi yang tinggi [17].

C. SILIKON RUBBER RTV

Lapisan karet silikon RTV dapat meningkatkan kinerja isolator keramik dalam kondisi kabut bersih dan kabut garam, yang berdampak positif pada arus bocor dan indikator tegangan *flashover* [19]. RTV silikon memiliki sifat-sifat yang menjadikannya pilihan terbaik untuk meningkatkan kinerja isolator. Beberapa keunggulan Silikon Rubber RTV yaitu pertama, hidrofobisitas yang ditingkatkan, lapisan karet silicon rubber RTV dapat meningkatkan sifat hidrofobik dengan mencegah pembentukan film air yang terus-menerus, yang sangat penting untuk isolator dalam kondisi busur luar yang ekstrem [19]. Kedua, Peningkatan Tegangan *Flashover*, dengan lapisan karet silikon RTV, tegangan *flashover* isolator keramik yang telah digunakan di lapangan meningkat, menjadikannya pilihan terbaik untuk isolator dalam kondisi busur luar yang ekstrem [20].

D. SILICON DIOXIDE / SILIKA (SiO₂)

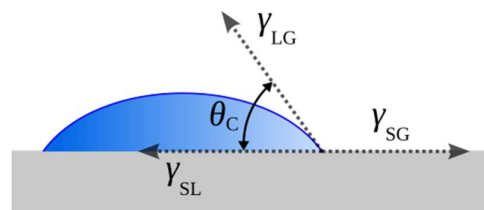
Silicon dioxide (SiO₂), atau lebih dikenal sebagai silika, adalah senyawa oksida dari silikon yang secara alami terdapat dalam bentuk kristalin seperti kuarsa maupun amorf seperti silika *gel* atau *fumed silica* [21]. Dalam dunia teknologi tegangan tinggi, bahan ini bukan sekadar pengisi (*filler*) biasa tetapi berperan vital dalam meningkatkan ketahanan termal, kestabilan dielektrik, serta sifat hidrofobik lapisan pelindung isolator. Menurut Gorjanc dalam jurnal *Coatings*, silika berpori nanoskopik juga memberikan sifat tambahan seperti penahan kelembapan yang memperlambat proses penuaan material *coating*.

E. PENGUJIAN SUDUT KONTAK (CONTACT ANGLE)

Pengujian sudut kontak adalah cara untuk mengetahui seberapa baik suatu permukaan menolak atau menarik air.

1) PENGERTIAN SUDUT KONTAK

Pengukuran sudut kontak melibatkan pemasukan suatu cairan ke permukaan padatan dan pengamatan sudut yang terbentuk antara permukaan cairan dan padatan. Sudut kontak ini memberikan petunjuk tentang sifat permukaan padatan, termasuk kelembapan, energi permukaan, dan kemungkinan adhesi atau repelensi.



Gambar 2 Hasil pengukuran sudut kontak antara air dan permukaan.

Pengukuran sudut kontak punya peran penting di banyak industri dan bidang riset, membantu memahami bagaimana cairan berinteraksi dengan berbagai permukaan. Dengan menerapkan pengukuran sudut kontak dalam riset *coating* isolator porselen, peneliti dapat memperoleh pemahaman lebih dalam mengenai sifat permukaan material ini. Salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam pengujian Sudut kontak adalah *Sessile Drop Method*, karena kemudahan aplikasi, ketelitian, serta kemampuan untuk memberikan gambaran langsung tentang karakteristik permukaan material.

2) PRINSIP DASAR SESSILE DROP

Metode *sessile drop* mendasarkan pengukurannya pada keseimbangan gaya yang bekerja di antarmuka padat-cair-gas, sesuai dengan hukum Young. Rumus dasar hubungan tegangan antarmuka tersebut adalah:

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} * \cos(\theta) \quad (1)$$

Jika γ_{SG} dan γ_{LG} diketahui, maka γ_{SL} dapat dihitung melalui transformasi:

$$\gamma_{SL} = \gamma_{SG} - \gamma_{LG} * \cos(\theta) \quad (2)$$

Di mana:

γ_{SG} : Tegangan antarmuka padat-gas (asumsi umum = 120 mN/m)

γ_{SL} : Tegangan antarmuka padat-cair

γ_{LG} : Tegangan antarmuka cair-gas (asumsi umum = 72,8 mN/m)

θ : Sudut kontak

Proses pengujian dimulai dengan menjatuhkan tetesan air dari mikropipet ke permukaan sampel. Setelah tetesan berada dalam posisi stabil, gambar tetesan diambil secara horizontal menggunakan kamera dengan bantuan lampu latar. Analisis gambar dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis gambar seperti *ImageJ* atau perangkat lunak goniometer khusus.

Menghitung hasil rata-rata sudut kontak bisa menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Rata - rata } \theta = \frac{\text{sudut Kanan} + \text{Sudut Kiri}}{2} \quad (3)$$

F. ESTIMASI KEKUATAN DAYA TAHAN DIELEKTRIK MENGGUNAKAN KORELASI LINEAR EMPIRIS

Kekuatan dielektrik (*dielectric strength*) adalah kemampuan suatu material isolasi untuk menahan medan listrik sebelum mengalami kerusakan atau tembus listrik (*breakdown*). Kekuatan ini sangat penting dalam konteks isolator sistem tenaga listrik, terutama untuk isolator luar ruang yang terpapar lingkungan ekstrem seperti hujan, kabut asin, dan polusi industri.

1) **PENDEKATAN KORELASI LINEAR EMPIRIS**

Pendekatan korelasi/regresi linier banyak digunakan dalam penelitian teknik karena merupakan metode statistik yang sederhana dan kuat untuk mengukur kekuatan hubungan linier antar dua variabel kuantitatif [15]. Secara metodologis, regresi linier empiris (model $y = a \cdot x + b$) berfungsi untuk mencari persamaan terbaik dari data eksperimen ketika bentuk teoritis hubungan antar variabel tidak diketahui atau terlalu kompleks. Selain itu, model linier hanya memerlukan sedikit parameter (garis intersep dan kemiringan), sehingga hasilnya mudah diinterpretasi: koefisien kemiringan (b) menggambarkan besarnya perubahan rata-rata (y) jika (x) bertambah satu satuan, sementara nilai R2 menunjukkan seberapa baik model menjelaskan variasi data. Hal ini memudahkan analisis tren data eksperimen dan hipotesis awal.

2) **KORELASI EMPIRIS ANTARA SUDUT KONTAK DAN PENURUNAN ARUS BOCOR**

Berdasarkan kajian pada [13] peningkatan sudut kontak permukaan akibat *coating* RTV-Silicone + nano-silika menunjukkan adanya perbaikan secara signifikan terhadap performa isolator. Didapatkan bahwa sudut kontak optimal berada pada 103,85° pada 3 wt% nSiO₂ dan dikaitkan dengan penurunan arus bocor hingga 48%[13]. Hubungan antara sudut kontak (θ) dan kekuatan dielektrik atau kinerja isolasi tidak sepenuhnya linier, tapi bisa dimodelkan empiris secara linier parsial pada rentang terbatas.

TABEL 2
DATA PENURUNAN ARUS BOCOR DARI JURNAL[13]

Konsentrasi nSiO ₂ (wt%)	Sudut Kontak (°)	Penurunan Arus Bocor (%)	Estimasi Peningkatan Kinerja Dielektrik
0	88,00	0%	Referensi dasar
1	91,00	± 6%	Meningkat
2	97,00	± 15%	Meningkat
3	103,85	± 25–31%	Optimal
4	100,50	± 36–48%	Optimum resistivitas permukaan
5	95,00	± 30%↓ (oversaturasi)	Menurun (agregasi partikel)

Kita bisa ambil rumus regresi linear sederhana dari data diatas :

$$\Delta I = a \cdot x + b \tag{4}$$

Gunakan dua titik dari data :

Titik 1 = (θ = 88, Penurunan = 0 %)

Titik 2 = (θ = 103,85, Penurunan = 31 %)

Kita gunakan gradien a dan konstanta b :

$$a = \frac{31 - 0}{103,85 - 88} = 1,955 \% / ^\circ$$

$$b = y - (a \cdot x) = 0 - (1,955 \cdot 88) = - 172,04$$

Nilai konstanta (b) diperoleh dengan mensubstitusikan salah satu titik data, dimana (x = 88°, y = 0 %). jadi:

$$\Delta I = 1,955 \cdot \theta - 172,04 \tag{5}$$

Keterangan :

ΔI = Estimasi penurunan arus bocor permukaan (%).

θ = Sudut kontak (°).

a = Gradien atau laju perubahan arus bocor terhadap perubahan sudut kontak nilai gradien (a) dihitung dari dua titik batas data.

b = Konstanta (intersep), Nilai b yang negatif muncul karena garis regresi jika diperpanjang memotong sumbu y di bawah nol. Secara matematis hal ini wajar, namun secara fisik model hanya valid pada rentang data pengukuran (88°–103,85°).

Rumus ini merupakan hasil pendekatan regresi linier dari data eksperimen dalam jurnal referensi, dan valid digunakan dalam rentang sudut kontak 88° – 104°. Model ini tidak dimaksudkan untuk generalisasi luas, melainkan sebagai representasi lokal hubungan antara peningkatan hidrofobisitas (melalui sudut kontak) terhadap penurunan arus bocor di permukaan isolator.

3) **ESTIMASI KORELASI EMPIRIS KEKUATAN DIELEKTRIK**

Didalam jurnal yang ditulis (Suwarno, Nalendra, 2024) dengan judul "*Insulation Characteristics of nSiO₂-filled RTV Silicone Rubber Coating Material for High Voltage Outdoor Insulator Application*" tidak memberikan nilai langsung kekuatan dielektrik dalam kV / mm, tetapi mereka memberikan indikasi bahwa "Penambahan 4 wt% nSiO₂ pada RTV SiR meningkatkan surface

resistivity & relative permittivity, dan menurunkan arus bocor hingga 48%.” Artinya, penurunan arus bocor dapat digunakan sebagai indikator peningkatan kekuatan dielektrik dapat menggunakan pendekatan perbandingan relatif terhadap nilai acuan (baseline):

$$E_{est} = E_{base} \times (1 + a) \quad (6)$$

Dimana :

$$E_{base} = 110 \text{ kV (Standar BIL Wilayah Koto Panjang - Payakumbuh)}$$

$$\text{Dan nilai gradien } a = \frac{\Delta I}{100}$$

$$E_{est} = 110 \times \left(1 + \frac{\Delta I}{100}\right) \quad (7)$$

Metode ini juga umum digunakan dalam teknik elektro dan rekayasa material untuk membangun model prediktif dari data eksperimen ketika model teoritis terlalu kompleks atau belum tersedia. Dalam konteks ini, regresi linier menjadi pendekatan awal yang valid dan dapat ditanggung jawabkan secara ilmiah.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental kuantitatif dengan menggunakan isolator keramik 150kV sebagai sampel. *Coating* dibuat dari campuran RTV 683, silika (SiO₂), hardener, thins silicone, dan thinner xylene. Pengaplikasian dilakukan dengan teknik semprot (spray coating). Pengujian sudut kontak dilakukan menggunakan metode sessile drop sesuai standar IEC TS 62073-2016. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan korelasi empiris dari literatur yang menghubungkan sudut kontak dengan arus bocor, kemudian dikonversi menjadi estimasi kekuatan dielektrik,

A. METODE PENGAMBILAN DATA

Metode pengambilan data yang digunakan pada penelitian mengenai eksperimental estimasi kekuatan dielektrik isolator adalah sebagai berikut:

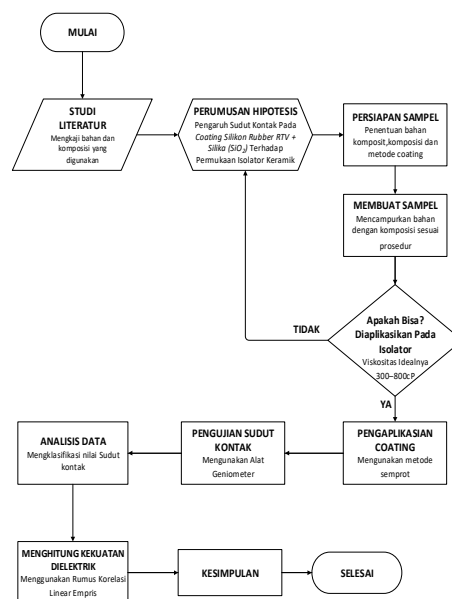
a. Data Primer

Data primer diperoleh langsung melalui pengamatan pada eksperimen laboratorium dengan menggunakan metode pengukuran sudut kontak statis terhadap sampel isolator dalam kondisi bersih dan isolator yang terkontaminasi debu di jalur transmisi 150 kV Koto Panjang - Payakumbuh sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan dengan metode *spray*. Pengukuran dilakukan dengan alat Goniometer merk Ossila, yang menghasilkan data numerik berupa sudut kontak kanan, kiri, dan rata-rata pada tiap titik pengamatan. Data ini merupakan hasil observasi langsung dari proses pengujian, sehingga bersifat orisinal dan menjadi dasar utama dalam analisis hidrofobisitas permukaan.

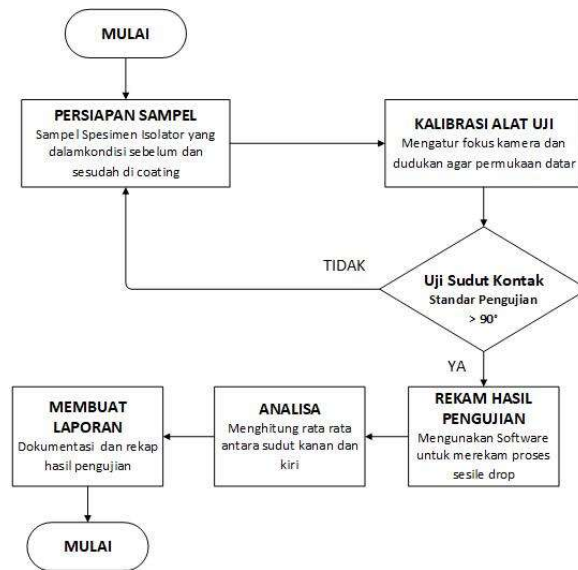
b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber literatur, seperti standar internasional IEC TS 62073-2016, jurnal ilmiah, dokumen teknis produsen bahan coating, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dan dokumen yang disediakan oleh PT. PLN (Persero) yang berkaitan dengan jalur transmisi 150kV Koto Panjang - Payakumbuh. Sumber-sumber ini memberikan konteks dan landasan ilmiah tentang kekuatan dielektrik isolator, serta informasi penting yang dapat digunakan untuk analisis dan perbandingan dengan data primer.

B. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3 Flowchart Alur Penelitian,



Gambar 4 Flowchart Pengujian Sudut Kontak

C. LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik Institut Teknologi Padang dengan mengikuti proses pada gambar 3 untuk Proses *Coating* dan Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Andalas untuk pengambilan data sudut kontak menggunakan alat Goniometer.

D. PEMBUATAN SAMPEL PENELITIAN

Komposisi material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 komponen utama, yaitu RTV silicone rubber (RTV-683), dan silika (SiO₂), dan beberapa bahan pendukung seperti hardener, thins silicone, dan thinner (xylene). Kandungan silika dalam formulasi ini adalah sebesar 10 gram, atau setara dengan sekitar 8,93 wt% terhadap total massa campuran. Silika ditambahkan sebagai pengisi fungsional untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas pada permukaan *coating*. Komponen hardener digunakan sebanyak 3 gram, yang setara dengan kurang lebih 2,68% dari massa RTV-683. Sementara itu, thins silicone ditambahkan sebanyak 3 gram, juga setara dengan sekitar 2,68% dari massa RTV-683. Untuk mendukung aplikasi *coating* menggunakan metode semprot, digunakan pula thinner (xylene) sebanyak 26 gram, atau sekitar 23,21% dari total massa campuran. Komponen RTV-683 berperan sebagai bahan dasar utama dengan jumlah 70 gram, yang diperoleh dari penghitungan sisa massa setelah seluruh komponen aditif lainnya ditentukan. Formulasi ini dirancang untuk menghasilkan campuran *coating* yang stabil secara reologi, mudah diaplikasikan, dan mampu menghasilkan permukaan yang bersifat hidrofobik secara efektif.

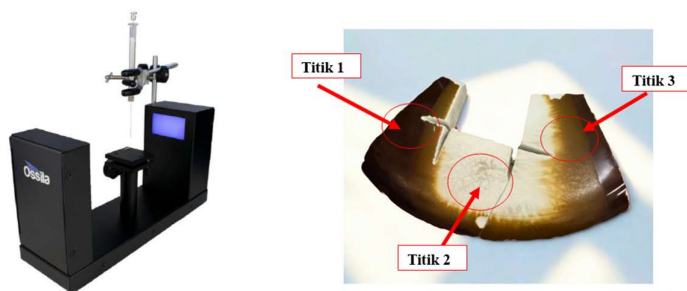
TABEL 3
KOMPOSISI BAHAN CAMPURAN COATING ISOLATOR

Bahan	Weight (gr)	Wt (%)
RTV-683	70	62,50
Silika (SiO ₂)	10	8,93
Hardener	3	2,68
Thins Silicone	3	2,68
Xylene (thinner)	26	23,21
Total Massa	112	100

Dengan komposisi di atas, lapisan *coating* yang dihasilkan memiliki ketebalan sekitar 0,3 – 0,5 mm sesuai standar IEC 60815-3:2008. Proses pencampuran bahan dilakukan menggunakan mixer mini hingga *homogen*, kemudian diaplikasikan pada permukaan isolator dengan metode *spray coating* menggunakan *spray gun* dan kompresor.

E. PENGUJIAN SUDUT KONTAK

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *sessile drop* berdasarkan sudut kontak, sesuai dengan pedoman standar IEC TS 62073-2016. Metode sudut kontak merupakan teknik evaluasi yang mengamati besar sudut yang terbentuk antara sisi tetesan air dan bidang permukaan material. Dalam pelaksanaannya, digunakan metode sudut kontak statis, di mana air ditetaskan pada permukaan horizontal dari spesimen uji. Volume tetesan air yang digunakan berkisar antara 5 µL hingga 50 µL, namun volume 50 µL dianggap paling ideal untuk memperoleh hasil yang konsisten.



Gambar 5 Penguujian Sudut Kontak , 5a.Kiri: alat ukur sudut kontak, 5b. Kanan: posisi titik pengukuran.

F. METODE KORELASI LINIER EMPIRIS

Langkah-langkah estimasi kekuatan dielektrik berdasarkan korelasi empiris adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil data hasil pengukuran sudut kontak (θ) pada permukaan isolator sebelum dan sesudah coating.
- b) Menghitung persentase penurunan arus bocor ($\Delta I\%$) dengan menggunakan persamaan (5) korelasi linier empiris dari literatur $\Delta I = a \cdot \theta + b$ di mana a adalah gradien regresi, dan b adalah konstanta intersep. Nilai b bisa bernilai nol atau mendekati nol karena regresi linier menyesuaikan data sehingga garis terbaik melewati titik baseline ($\Delta I = 0$ pada θ awal).
- c) Menghitung estimasi kekuatan dielektrik (Eest) berdasarkan perbandingan relatif antara arus bocor sebelum dan sesudah coating menggunakan persamaan (6).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan, meliputi data primer dari pengukuran sudut kontak pada isolator keramik 150 kV yang diambil dari lapangan di Payakumbuh, serta data hasil pengujian setelah dilakukan pelapisan (*coating*) RTV silikon rubber dengan penambahan SiO₂. Hasil pengukuran sudut kontak kemudian dianalisis untuk menentukan tingkat hidrofobisitas permukaan, serta digunakan sebagai dasar perhitungan penurunan arus bocor dan estimasi kekuatan dielektrik melalui pendekatan korelasi linier empiris. Selanjutnya, pembahasan disusun untuk membandingkan hasil sebelum dan sesudah perlakuan coating, sehingga dapat diketahui sejauh mana efektivitas penggunaan bahan pelapis terhadap kinerja isolator dalam meningkatkan sifat hidrofobik dan ketahanan dielektrik

A. HASIL PENGUJIAN SUDUT KONTAK (CONTACT ANGLE)

1) *PENGUJIAN SEBELUM DILAPISI COATING (UNCOATED)*

Berdasarkan hasil pengukuran Sudut kontak Sampel (DF 9) sebelum dilapisi coating sebagai berikut:

TABEL 4
HASIL VISUAL UJI SUDUT KONTAK SEBELUM COATING

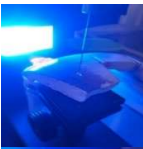
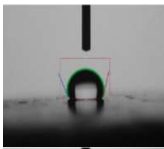

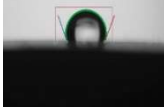

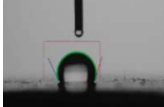
Posisi	Gambar Posisi Tetesan Air	Hasil Uji Sudut Kontak	Keterangan
Titik 1			rata-rata = 70,93° bersifat <i>hidrofilik</i> (< 90°)
Titik 2			rata-rata = 55,52° bersifat <i>hidrofilik</i> (< 90°)
Titik 3			rata-rata = 46,89° bersifat <i>hidrofilik</i> (< 90°)

Pada tabel 4 gambar visual yang ditampilkan memperlihatkan tetesan air yang menyebar di permukaan, dengan sudut kontak yang berbeda-beda; titik 3 menunjukkan sudut kontak terkecil (46,89°) dan bentuk tetesan yang paling datar, menandakan sifat hidrofilik yang paling kuat, sedangkan titik 1 dengan sudut tertinggi (70,93°) menunjukkan bentuk tetesan yang lebih bulat, mendekati sifat hidrofobik. Penurunan ini tidak terjadi secara acak, melainkan memiliki korelasi perubahan sudut kontak sejalan dengan kondisi permukaan yang terlihat secara visual semakin halus atau bersih permukaan, sudut kontak makin kecil (lebih hidrofilik), dan semakin kasar atau terkontaminasi, sudut kontak makin besar (lebih hidrofobik). Kondisi sistem dalam penelitian mencakup keadaan fisik permukaan, kebersihan, kekasaran, serta konsistensi metode pengukuran.

2) PENGUJIAN SETELAH DILAPISI COATING SILIKON RUBBER RTV + SiO₂

Setelah dilakukan pelapisan silikon rubber RTV yang dicampur dengan silika (SiO₂), terjadi perubahan yang signifikan pada nilai sudut kontak di semua titik pengukuran pada Sampel (DF 9) setelah dilapisi coating. Berdasarkan hasil pengukuran Sudut kontak Sampel (DF 9) sebelum dilapisi coating sebagai berikut:

TABEL 5
HASIL VISUAL UJI SUDUT KONTAK SETELAH COATING RTV-SiR +SILIKA

Posisi	Gambar Posisi Tetesan Air	Hasil Uji Sudut Kontak	Keterangan
Titik 1			rata-rata = 110,76° bersifat <i>hidrofobik</i> (> 90°)
Titik 2			rata-rata = 114,10° bersifat <i>hidrofobik</i> (> 90°)
Titik 3			rata-rata = 113,02° bersifat <i>hidrofobik</i> (> 90°)

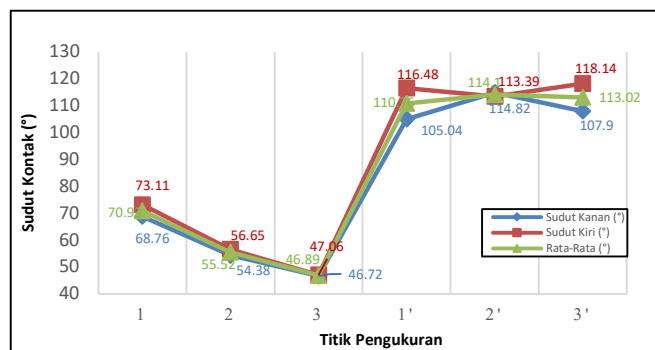
Gambar visual pada tabel 5 menunjukkan tetesan air yang lebih bulat dan tinggi, mencerminkan sifat hidrofobik yang lebih kuat, di mana air cenderung membentuk tetesan yang lebih terpisah dari permukaan, mengurangi luas area kontak. Secara keseluruhan, hasil ini menandakan bahwa penerapan *coating* dengan campuran silicone rubber RTV dan silika (SiO₂) secara efektif mengubah sifat permukaan isolator keramik dari hidrofilik menjadi hidrofobik, yang berpotensi meningkatkan kinerja isolator dalam kondisi lingkungan yang menantang

Gambar pada tabel 4 dan 5 menunjukkan hasil pengukuran sudut kontak yang diambil dari tiga titik pada sampel isolator sebelum dan setelah pelapisan. Pengukuran sudut kontak dilakukan menggunakan perangkat lunak *ossila contact angle*. Berikut adalah ringkasan hasil pengukuran dari ketiga titik untuk masing-masing sampel.

TABEL 6
PERBANDINGAN PENGUKURAN SUDUT KONTAK SEBELUM DAN SESUDAH COATING

Sampel	Titik	Sudut Kanan (°)	Sudut Kiri (°)	Rata-Rata (°)
DF9/D9 (Before)	1	68,76	73,11	70,93
	2	54,38	56,65	55,52
	3	46,72	47,06	46,89
DF9/D9 (After)	1	105,04	116,48	110,76
	2	114,82	113,39	114,10
	3	107,90	118,14	113,02

Berdasarkan data pada Tabel 6, dilakukan pengujian sudut kontak hidrofobisitas pada permukaan isolator keramik dengan kode DF9/D9 hasilnya menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan terhadap nilai sudut kontak setelah proses *coating* disebabkan oleh kombinasi sifat kimia dan struktur fisik dari bahan-bahan pelapis yang digunakan, khususnya RTV-683 dan silika (SiO₂), yang bekerja secara sinergis menghasilkan permukaan yang sangat hidrofobik, dapat di gambarkan grafiknya sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik Perbandingan Pengukuran Sudut Kontak Sebelum dan Sesudah Coating

Pada gambar 5 Titik 1 mengalami kenaikan sebesar +39,83°, titik 2 sebesar +58,58°, dan titik 3 sebesar +66,13°. Peningkatan tertinggi terjadi pada titik 3, yang sebelumnya memiliki nilai sudut kontak paling rendah sebelum *coating*, yaitu 46,89°. Perubahan sifat permukaan sebelum dan sesudah proses *coating* dapat dianalisis menggunakan Persamaan (2) $\gamma_{SL} = \gamma_{SG} - \gamma_{LG} * \cos(\theta)$

TABEL 7
PERUBAHAN SIFAT PERMUKAAN SEBELUM DAN SESUDAH DILAPISI COATING

Sampel	Titik	Perubahan sifat permukaan (mN/m)	
		(Before)	(After)
DF9/D9	1	96,25	145,77
	2	78,79	149,70
	3	70,27	148,46

Tren ini divisualisasikan secara jelas pada Gambar 5, di mana kurva memperlihatkan peningkatan nilai γ_{SL} ini disebabkan oleh perubahan sifat permukaan dari hidrofilik menjadi hidrofobik. Sebelum *coating*, $\theta < 90^\circ$ sehingga $\cos \theta$ bernilai positif, menghasilkan $\gamma_{SL} < \gamma_{SG}$ yang menandakan permukaan cenderung membasahi cairan. Setelah *coating*, $\theta > 90^\circ$ sehingga $\cos \theta$ bernilai negatif, menyebabkan $\gamma_{SL} > \gamma_{SG}$ yang mengindikasikan cairan sulit membasahi permukaan. Fenomena ini sesuai dengan model *Cassie-Baxter*, di mana lapisan *coating* membentuk struktur mikro/nano yang memerangkap udara dan mengurangi area kontak langsung antara cairan dan permukaan padat.



Gambar 7 Uji simulasi hujan pada permukaan isolator, 7a kiri: sebelum coating, 7b kanan: sesudah coating

B. ESTIMASI KEKUATAN DAYA TAHAN DIELEKTRIK DENGAN KORELASI LINEAR EMPIRIS

Berdasarkan Tabel 6 Sudut kontak sebelum dan sesudah pelapisan coating dijadikan dasar untuk menghitung estimasi penurunan arus bocor (ΔI) dan kekuatan dielektrik permukaan (E) menggunakan pendekatan korelasi linier empiris.

1) PERHITUNGAN KORELASI EMPIRIS SUDUT KONTAK DAN PENURUNAN ARUS BOCOR

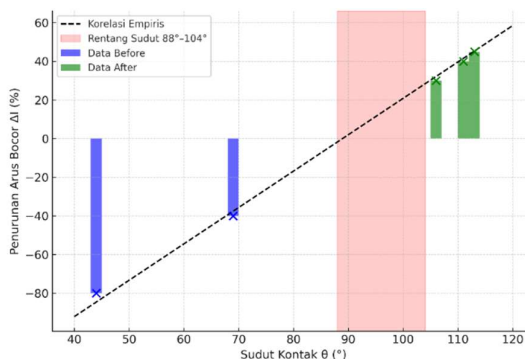
Perhitungan estimasi penurunan arus bocor (ΔI) berdasarkan sudut kontak (θ) pada permukaan sebelum dan sesudah coating, kita bisa ambil rumus regresi linear sederhana dari data diatas dan menggunakan persamaan (5) :

$$\Delta I = 1,955 \cdot \theta - 172,04$$

Maka didapatkan perhitungan :

TABEL 8
REKAP HASIL PERHITUNGAN PENURUNAN ARUS BOCOR

Titik	θ Before (°)	ΔI Before (%)	θ After (°)	ΔI after (%)
1	70,93	-33,11	110,76	44,58
2	55,52	-63,51	106,96	36,99
3	46,72	-80,72	113,00	48,82



Gambar 8 Grafik Korelasi linear antara Sudut Kontak dan Penurunan Arus

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 8, nilai ΔI sebelum pelapisan berada pada kisaran negatif, yaitu $-33,11\%$, $-63,51\%$, dan $-80,72\%$. Nilai negatif ini menunjukkan bahwa permukaan spesimen sebelum pelapisan bersifat hidrofilik, menyebabkan air yang jatuh pada permukaan cenderung membentuk film tipis menyebar, menciptakan jalur konduktif dan menyebabkan arus bocor meningkat. Semakin kecil sudut kontak, semakin besar kecenderungan air untuk menyebar, dan semakin besar pula nilai arus bocor yang terjadi. Setelah pelapisan, sudut kontak meningkat menjadi lebih dari 106° , dan nilai ΔI berubah menjadi positif secara signifikan mencapai $36,99\%$ hingga $48,82\%$. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan telah menjadi sangat hidrofobik sehingga meminimalkan jalur konduktif pada permukaan. Fenomena ini sejalan dengan Gambar 7 yang menunjukkan tren linier antara sudut kontak dengan penurunan arus bocor. Semakin besar sudut kontak, semakin besar nilai ΔI .

2) PERHITUNGAN ESTIMASI KORELASI EMPIRIS KEKUATAN DIELEKTRIK

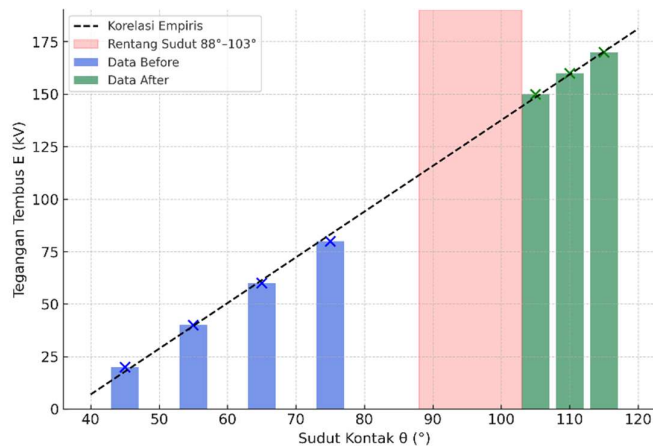
Dari data tabel 8 kita dapat menghitung estimasi kekuatan dielektrik dari acuan jurnal penelitian terdahulu dan mengkaitkan menggunakan korelasi empiris antara sudut kontak (θ) dan kekuatan dielektrik (E) menggunakan persamaan (7):

$$E_{est} = 110 \times \left(1 + \frac{\Delta I}{100} \right)$$

Maka didapatkan perhitungan :

TABEL 9
REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN KEKUATAN DIELEKTRIK

Titik	θ Before ($^\circ$)	E Before (kV)	θ After ($^\circ$)	E After (kV)
1	70,93	73,58	110,76	159,04
2	55,52	40,14	106,96	150,69
3	46,72	21,21	113,00	163,70



Gambar 9 Grafik hasil perhitungan kekuatan dielektrik

Berdasarkan Tabel 9 nilai kekuatan dielektrik permukaan (E) yang dihitung dari hasil ΔI menunjukkan perbedaan mencolok antara kondisi sebelum dan sesudah pelapisan. Ketika sebelum pelapisan, E berkisar antara 21,21 hingga 73,93 kV, sehingga permukaan memiliki resistansi medan listrik yang rendah. Setelah diberi pelapisan, estimasi kekuatan dielektrik meningkat drastis hingga 150,69 kV – 163,04 kV, atau hampir 2–3 kali lipat lebih besar. Peningkatan ini terjadi seiring dengan membaiknya struktur permukaan secara fisik dan kimia, terutama berkat adanya silikon rubber RTV yang bersifat intrinsik hidrofobik serta tambahan SiO_2 nanopartikel yang memperkuat jaringan permukaan terhadap medan listrik.

Gambar 8 Menyajikan rentang sudut kontak 88° – 103° dapat dianggap sebagai batas akurat dalam memprediksi hubungan antara sudut kontak dengan penurunan arus bocor dan peningkatan kekuatan dielektrik. Hal ini dikarenakan rentang tersebut berada di antara data pengukuran aktual (sebelum dan sesudah perlakuan), sehingga secara empiris masih dapat dijadikan acuan yang lebih reliabel dibandingkan prediksi di luar rentang tersebut. Namun, penting ditekankan bahwa estimasi ini hanya bersifat indikatif dan tidak dapat menggantikan hasil uji eksperimental secara langsung.

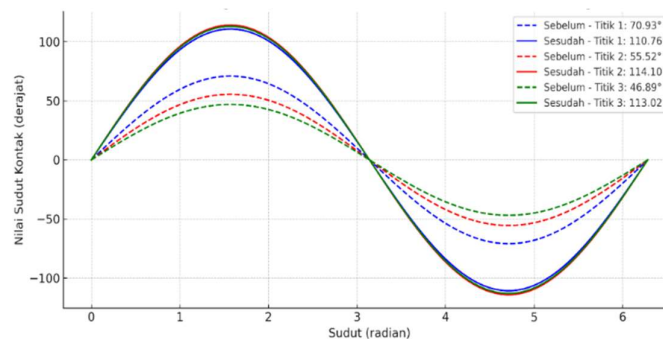
Sebagai contoh, pada sudut kontak 90° yang berada di dalam rentang akurat, estimasi menunjukkan penurunan arus bocor sekitar 3,7% dan peningkatan kekuatan dielektrik hingga sekitar 114,3 kV. Hasil ini memberikan indikasi bahwa semakin besar sudut kontak menuju rentang 100° , maka kemampuan material dalam menahan arus bocor semakin baik dan kekuatan dielektriknya meningkat signifikan. Walaupun demikian, hasil estimasi ini harus dipandang sebagai indikasi awal untuk memahami tren material, sedangkan nilai pastinya tetap perlu diverifikasi melalui pengujian langsung di lapangan.

C. EVALUASI TEKNIK COATING DAN DISTRIBUSI HASIL

Teknik *coating* yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelapisan silikon rubber RTV yang dikombinasikan dengan partikel silika, diterapkan menggunakan metode penyemprotan (*spray coating*). Teknik ini dipilih karena kemampuannya untuk menghasilkan lapisan yang merata dan mudah diaplikasikan pada permukaan substrat yang kompleks.



Gambar 10 Perbedaan Isolator Keramik, 10a kiri: Sebelum coating 10b kanan: Sesudah Dilapisi coating



Gambar 11 Perbandingan Sudut Kontak Sebelum dan Sesudah Coating

Gambar 10 menyajikan perbandingan sudut kontak sebelum dan sesudah *coating* (pelapisan). Dari gambar 11 terlihat grafik bahwa sudut kontak meningkat secara signifikan di semua titik setelah *coating* diterapkan. Pada Titik 1, sudut kontak bertambah dari $70,93^\circ$ menjadi $110,76^\circ$. Titik 2 menunjukkan peningkatan yang lebih besar, dari $55,52^\circ$ menjadi $114,10^\circ$, sementara Titik 3 mengalami kenaikan dari $46,89^\circ$ menjadi $113,02^\circ$. Kenaikan sejalan dengan literatur [22], di mana penambahan silika pada pelapisan silikon diketahui meningkatkan sudut kontak yang berarti kemampuan permukaan untuk menolak air meningkat secara drastis. Sudut kontak diukur terhadap sudut (dalam radian), yang kemungkinan menggambarkan posisi atau waktu.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengukuran sudut kontak dan perhitungan korelasi linier empiris, diperoleh bahwa pelapisan isolator keramik 150 kV dengan campuran RTV-SiR+SiO₂ terbukti efektif meningkatkan hidrofobisitas permukaan, yang ditunjukkan oleh kenaikan sudut kontak dari kondisi hidrofilik ($46,72^\circ$ – $70,93^\circ$) menjadi sangat hidrofobik ($110,76^\circ$ – $114,10^\circ$). Peningkatan sudut kontak berbanding lurus dengan penurunan arus bocor, yang mencapai 36,99%–48,82% setelah pelapisan, dibandingkan kondisi awal yang bernilai negatif (–33% hingga –80%). Estimasi kekuatan dielektrik berdasarkan korelasi empiris menunjukkan kenaikan signifikan dari 21–73 kV (sebelum pelapisan) menjadi 150–163 kV (setelah pelapisan), atau sekitar 2–3 kali lipat lebih tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa integrasi pelapisan RTV-SiR dengan partikel SiO₂ mampu meningkatkan keandalan isolator pada lingkungan tropis berpolusi tinggi, sehingga dapat mengurangi risiko flashover dan memperpanjang umur pakai isolator. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan analisis hidrofobisitas dan estimasi kekuatan dielektrik secara simultan pada isolator lapangan tropis, yang masih jarang dikaji dalam penelitian sebelumnya

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait dengan publikasi makalah ini.

REFERENSI

- [1] Z. Qiu, X. Zhu, C. Liao, D. Shi, and W. Qu, "Detection of Transmission Line Insulator Defects Based on an Improved Lightweight YOLOv4 Model," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/app12031207.
- [2] C. Song, W. Xu, G. Han, P. Zeng, Z. Wang, and S. Yu, "A Cloud Edge Collaborative Intelligence Method of Insulator String Defect Detection for Power IoT," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 9, pp. 7510–7520, 2021, doi: 10.1109/IJOT.2020.3039226.
- [3] J. Han *et al.*, "A method of insulator faults detection in aerial images for high-voltage transmission lines inspection," *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 10, pp. 1–22, 2019, doi: 10.3390/app9102009.
- [4] X. Huang *et al.*, "Design and Application of Insulator Detection Robot System for UHVDC Transmission Line," *Int. J. Mech. Eng. Appl.*, vol. 7, no. 4, p. 106, 2019, doi: 10.11648/j.ijmea.20190704.13.
- [5] X. Wan, Y. Chen, D. Lin, X. Xia, S. Luo, and Y. Shao, "Study on Aging of Composite Insulators and Anti-Contamination Flashover Coatings in Fujian

Province,” vol. 0, no. 2, pp. 2–6, 2022, doi: 10.3233/aerd220009.

[6] Y. Warmi, S. Amalia, Z. Antony, and F. R. Yanti, “Experimental Investigation of Insulator Dielectric Strength of Transmission Tower in Rocky Areas,” *Res Mil.*, vol. 12, no. 1, pp. 2–8, 2022.

[7] Y. Warmi and M. A. Azzahra, “Investigasi Eksperimental Kekuatan Dielektrik Isolator pada Saluran Transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh,” *Pros. Sains Nas. dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, p. 539, 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.7205.

[8] X. Miao, X. Liu, J. Chen, S. Zhuang, J. Fan, and H. Jiang, “Insulator detection in aerial images for transmission line inspection using single shot multibox detector,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 9945–9956, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2891123.

[9] M. Z. Saleem and M. Akbar, “Review of the Performance of High-Voltage Composite Insulators,” no. February, 2022, doi: 10.3390/polym14030431.

[10] Xing *et al.*, “Thermal stability, mechanical, and optical properties of novel RTV silicone rubbers using octa(dimethylethoxysiloxo)-POSS as a cross-linker,” *E-Polymers*, vol. 22, no. 1, pp. 357–369, 2022, doi: 10.1515/epoly-2022-0022.

[11] M. Zheng, W. Liang, H. Yu, and M. Song, “SMCSS: A Quick and Reliable Cooperative Spectrum Sensing Scheme for Cognitive Industrial Wireless Networks,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 9308–9319, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2641471.

[12] A. A. Salem *et al.*, “Pollution Flashover Voltage of Transmission Line Insulators: Systematic Review of Experimental Works,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 10416–10444, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3143534.

[13] A. D. ; A. R. A. ; R. ; F. A. P. ; Della V. Z. ; Suwarno, Nalendra, “Insulation Characteristics of nSiO₂ -filled RTV Silicone Rubber Coating Material for High Voltage Outdoor Insulator Application,” p. 6, 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/ICPERE63447.2024.10845617>.

[14] T. C. Akinci, “Determination of isolator damages in electric power transmission lines with continuous wavelet transform and multitape power spectrum density,” *World J. Sci. Technol. Sustain. Dev.*, vol. 18, no. 4, pp. 393–404, 2021, doi: 10.1108/WJSTSD-05-2021-0059.

[15] Y. Anthony, *J. 6 : Correlation and Regression Analysis*, no. 3. California: LibreTexts, 2024. [Online]. Available: [https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Statistics/Statistics_Through_an_Equity_Lens_\(Anthony\)/01%3A_Chapters/1.06%3A_Correlation_and_Regression_Analysis#footnote-58-10](https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Statistics/Statistics_Through_an_Equity_Lens_(Anthony)/01%3A_Chapters/1.06%3A_Correlation_and_Regression_Analysis#footnote-58-10)

[16] L. Gao, Y. Li, W. Fu, L. Zhou, and S. Fang, “Preparation and Performance of Silicone Rubber Composites Modified by Polyurethane,” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 19, 2023, doi: 10.3390/polym15193920.

[17] A. Syakur, A. I. W. Nugroho, and H. Hermawan, “Feasibility Study on Electrical Properties of 20 kV Polymeric Insulator Dry Test and Rainwater Test,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 17, no. 4, pp. 5–9, 2021, doi: 10.17529/jre.v17i4.22396.

[18] A. A. Nazeer and M. Madkour, “Potential use of smart coatings for corrosion protection of metals and alloys: A review,” *J. Mol. Liq.*, vol. 253, pp. 11–22, 2018, doi: 10.1016/j.molliq.2018.01.027.

[19] D. Fauziah, H. Alfiadi, Rachmawati, and Suwarno, “Performances of long-term coastal field aged silicone-coated ceramic insulators under clean and salt fog conditions,” *Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. ICHVEPS 2017 - Proceeding*, vol. 2017-Janua, pp. 51–56, 2017, doi: 10.1109/ICHVEPS.2017.8225866.

[20] S. S. Kumar, “Inspection Of RTV Silicone Coating Insulator For The Ceramic Insulator In Live-Line Maintenance For UHV Transmission Lines-A Review,” vol. 15, no. 3, pp. 1–9, 2024.

[21] M. Younes *et al.*, “Re-evaluation of silicon dioxide (E 551) as a food additive,” *EFSA J.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–70, 2018, doi: 10.2903/j.efsa.2018.5088.

[22] R. Sarathi and M. G. Danikas, “RTV Silicone Rubber Coatings for Outdoor Insulators: A Concise Review of Some Factors Affecting their Behavior and Some Comments,” *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 163–169, 2021, doi: 10.25103/jestr.141.19.

LAMPIRAN (OPSIONAL)



Lampiran 1, 1a kiri: Pengambilan sampel isolator, 1b tengah: Pengambilan data awal isolator, 1c kanan: Proses pembuatan coating






Laporan Hasil Uji Sudut Kontak

1. Before coating

No	Sampel	Titik	Sudut Kanan	Sudut Kiri	Rata-Rata
1	DF-9	1	68,76	73,11	70,93
		2	34,38	56,65	55,52
		3	46,72	47,06	46,89

Hasil pengukuran Sudut kontak Sampel (DF 9) sebelum di coating



Laporan Hasil Uji Sudut Kontak

No	Sampel	Titik	Sudut Kanan	Sudut Kiri	Rata-Rata
1	LF5 / L3	1	58,36	49,27	53,81
		2	75,55	69,85	72,70
		3	57,48	62,79	60,14
2	LP9 / L2	1	111,56	108,67	110,11
		2	112,51	115,22	113,87
		3	106,23	109,27	107,75
3	DM / D3	1	50,65	48,23	49,44
		2	65,02	63,11	64,06
		3	54,75	58,61	56,68
4	DF9	1	105,04	116,48	110,76
		2	114,82	113,39	114,10
		3	107,90	118,14	113,02
5	LP2 / L1	1	71,55	72,37	71,96
		2	56,45	63,45	59,95
		3	69,65	58,95	64,30
6	LM / L10	1	18,81	30,07	24,44
		2	20,29	19,50	19,90
		3	21,51	17,72	19,61

Lampiran 2, 2a kiri: Uji Sudut Kontak, 2b tengah: Data report pengujian sudut kontak sebelum coating, 2c kanan: Data report pengujian sudut kontak setelah coating