

SKRIPSI

**PENGARUH KONTAMINAN KABUT GARAM (*SALT-FOG*) TERHADAP
SIFAT HIDROFOBISITAS DAN RESISTIVITAS PERMUKAAN
MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER***



**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**MUHAMMAD IQBAL SAMUDRA
NIM. 03041182025017**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH KONTAMINAN KABUT GARAM (*SALT-FOG*) TERHADAP
SIFAT HIDROFOBISITAS DAN RESISTIVITAS PERMUKAAN
MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER***

Oleh:

**MUHAMMAD IQBAL SAMUDRA
NIM. 03041182025017**

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

**Palembang, November 2024
Ketua Jurusan Teknik Elektro,**



**Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU
NIP. 197108141999031005**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

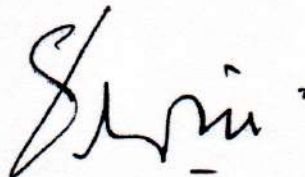
**PENGARUH KONTAMINAN KABUT GARAM (*SALT-FOG*) TERHADAP
SIFAT HIDROFOBISITAS DAN RESISTIVITAS PERMUKAAN
MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER***

Oleh:

**MUHAMMAD IQBAL SAMUDRA
NIM. 03041182025017**

**Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disetujui untuk diujikan
guna memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro**

**Palembang, November 2024
Dosen Pembimbing,**



**Ir. Dwirina Yuniarti, M.T.
NIP. 196106181989032003**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Iqbal Samudra
Nomor Induk Mahasiswa : 03041182025017
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarism (*Turnitin*) : 10%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Kontaminan Kabut Garam (*Salt-Fog*) Terhadap Sifat Hidrofobisitas Dan Resistivitas Permukaan Material Isolasi *Silicone rubber*”, merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat dari karya ilmiah orang lain, maka saya akan bertanggung jawab dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam kesadaran dan tanpa paksaan.

Palembang, November 2024

Yang Menyatakan,



Muhammad Iqbal Samudra
NIM. 03041182025017

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya lingkup dan kualitas ini mencukupi sebagai skripsi.

Tanda Tangan

: 

Pembimbing Utama : Ir. Dwirina Yuniarti, M.T.

Tanggal

: November 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa. Karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Pengaruh Kontaminan Kabut Garam (*Salt-Fog*) Terhadap Sifat Hidrofobisitas Dan Resistivitas Permukaan Material Isolasi *Silicone rubber*”.

Adapun skripsi yang dibuat sebagai syarat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya agar mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Penyusunan skripsi ini dibuat berdasarkan pada kajian literatur, studi pustaka yang berkaitan, dan eksperimen serta pengambilan data secara langsung di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Tentunya proses penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk meningkatkan kualitas skripsi kedepannya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya ilmu teknik elektro terkait dengan isolasi padat.

Palembang, November 2024



Muhammad Iqbal Samudra
NIM. 03041182025017

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ilmiah skripsi ini penulis dedikasi dan persembahkan, sebagai penghargaan, dan rasa hormat penulis kepada:

- Bapak Elfi (papa), Ibu Agustina (mama), Adik Sandrina, Nenek Nursima, Nenek Zainuba, Tante Susi, Cik Jon, dan keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan ini;
- Dosen pembimbing tugas akhir sekaligus dosen pembimbing akademik, Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T.
- Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., Ph.D., Bapak Dr. Djulil Amri, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Ir. Syarifa Fitria, S.T., yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi;
- Rektor Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si.;
- Dekan Fakultas Teknik Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.;
- Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU selaku ketua jurusan, bapak dan ibu dosen-dosen serta administrasi dan akademik Jurusan Teknik Elektro;
- Pranata dan senior di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Bapak Lukmanul Hakim, S.T., Kakak Intan Dwi Putri S.T., Kakak Ferlian Seftianto, S.T., M.Kom., dan Kakak Rachmad Fauzan, S.T.;

- Teman-teman seperjuangan, seluruh anggota Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya angkatan 2020 yaitu Fadlu, Bhanunasmi, Elam, Meiwa, Muthia, Aldhi, Rangga, Adziin, Ridwan, Ryan, Hilman, Derry, Raga, Aldo, Rama, Sahrul, Ravi, Kurniawan, Lutfi, Eric, Trio, Ahmed, dan Mozmail yang telah terlibat dan mendukung penelitian;
- Sahabat kostan kostong Ridho Prasetya, Iqbal Fahlefi, Aldhi Yuvi, Adib Soleh, Aditya, Sahrul, Trio, Derry, Fadlu, dan Aldo.
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2020, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya;

Penulis berdoa kepada Allah SWT, semoga diberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, November 2024



Muhammad Iqbal Samudra
NIM. 03041182025017

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Samudra
Nomor Induk Mahasiswa : 03041182025017
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Pengaruh Kontaminan Kabut Garam (*Salt-Fog*) Terhadap Sifat Hidrofobisitas Dan Resistivitas Permukaan Material Isolasi *Silicone rubber*” beserta perangkat yang ada.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, November 2024

Yang Menyatakan,



Muhammad Iqbal Samudra
NIM. 03041182025017

ABSTRAK

PENGARUH KONTAMINAN KABUT GARAM (*SALT-FOG*) TERHADAP SIFAT HIDROFOBISITAS DAN RESISTIVITAS PERMUKAAN MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER*

(Muhammad Iqbal Samudra, 03041182025017, 2024, xxii + 53 halaman+lampiran)

Penelitian ini melaporkan hasil studi tentang pengaruh kontaminan kabut garam (*salt-fog*) pada *silicone rubber* sebagai fungsi waktu pengkondisian terhadap sudut kontak (*contact angle*) dan resistivitas permukaan (*surface resistivity*). Resistivitas permukaan dihitung berdasarkan nilai arus bocor pada permukaan sampel. Hasil pengukuran sudut kontak untuk kelompok kontrol adalah sebesar 109,6°. Untuk sampel dengan pengkondisian 48 jam; dan 96 jam diperoleh nilai sudut kontak sebesar 92,62°; 81,26°. Pengukuran resistivitas permukaan menggunakan standar ASTM D257 dengan tiga variasi tegangan aplikasi masing-masing 250 V; 500 V; dan 1000 V DC. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu pengkondisian nilai arus bocor pada permukaan akan semakin meningkat dan sebaliknya nilai resistivitas permukaannya akan semakin menurun. Dari hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa nilai sudut kontak berbanding lurus dengan nilai resistivitas dan berbanding terbalik dengan nilai arus bocor. Hal ini dimungkinkan terjadi akibat degradasi sifat hidrofobisitas karena rusaknya struktur molekul dan struktur mikro pada permukaan material isolasi serta adanya aksi elektrotermal karena peningkatan arus bocor. Penurunan sifat hidrofobisitas ini meningkat ketika berada di lingkungan kabut garam. Garam NaCl memiliki daya higroskopis atau daya serap air yang cukup tinggi, sehingga NaCl dapat menyerap air lebih banyak dan pada permukaan sampel bersifat konduktif, sehingga sifat hidrofobiknya dapat menurun. Sedangkan penurunan nilai resistivitas permukaan disebabkan oleh meningkatnya kekasaran pada permukaan *silicone rubber* seiring dengan bertambahnya waktu terpapar permukaan isolasi oleh kabut garam dan adanya erosi akibat peluahan di permukaan.

Kata Kunci: *Silicone rubber*, Kabut Garam, Hidrofobisitas, Resistivitas Permukaan

ABSTRACT

THE EFFECT OF SALT-FOG CONTAMINANTS ON THE HYDROPHOBICITY AND SURFACE RESISTIVITY PROPERTIES OF SILICONE RUBBER INSULATING MATERIALS

(Muhammad Iqbal Samudra, 03041182025017, 2024, xxiii + 53 pages +
appendix)

This paper reports the results of a study on the effect of *salt-fog* contaminants on *silicone rubber* as a function of conditioning time on *contact angle* and *surface resistivity*. Surface resistivity is calculated based on the leakage current value on the sample surface. The contact angle measurement result for the control group was 109.6°. For samples with 48 hours conditioning; and 96 hours, the contact angle values were 92.62°; 81.26°. Surface resistivity measurements using ASTM D257 standard with three variations of application voltage of 250 V; 500 V; and 1000 V DC respectively. The measurement results show that the longer the conditioning time the value of leakage current on the surface will increase and vice versa the surface resistivity value will decrease. The results obtained show that the contact angle value is directly proportional to the resistivity value and inversely proportional to the leakage current value. This may occur due to the degradation of hydrophobicity due to the destruction of the molecular structure and microstructure on the surface of the insulating material as well as electrothermal action due to an increase in leakage current. This decrease in hydrophobicity increases when in a salt fog environment. NaCl salt has a fairly high hygroscopic or water absorption power, so NaCl can absorb more water and on the surface of the sample is conductive, so that its hydrophobic properties can decrease. Meanwhile, the decrease in surface resistivity value is caused by the increase in roughness on the surface of *silicone rubber* along with the increase in time exposed to the insulating surface by salt fog and erosion due to discharge on the surface.

Keywords: *Silicone rubber, Salt-Fog, Hydrophobicity, Surface Resistivity*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR PERSAMAAN	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
NOMENKLATUR.....	xxi
DAFTAR ISTILAH.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Hipotesis Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Isolator	6
2.2. Isolator Polimer.....	6
2.3. <i>Silicone rubber</i>	7

2.4. Mekanisme Penuaan dan Penilaian Kinerja Material <i>Silicone rubber</i> .	9
2.4.1. Temperatur.....	9
2.4.2. Sinar UV.....	10
2.4.3. Kelembaban.....	10
2.4.4. Pengotoran akibat kontaminan garam.....	11
2.5. Pengukuran Hidrofobisitas.....	12
2.6. Pembentukan Sudut Kontak Pada Tetesan Air.....	12
2.7. Tahanan Material Isolasi.....	13
2.7.1 Resistivitas Permukaan Material Isolasi.....	14
2.8. Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat.....	17
2.8.1 Kegagalan Intrinsik.....	18
2.8.2 Kegagalan Elektromekanikal.....	18
2.8.3 Kegagalan <i>Streamer</i>	19
2.8.4 Kegagalan <i>Thermal</i>	19
2.8.5 Kegagalan Erosi.....	20
2.9. Penelitian Sebelumnya.....	21
BAB III METODOLOGI DAN EKSPERIMENTAL.....	28
3.1. Pendahuluan.....	28
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	28
3.3. Bahan.....	31
3.3.1. <i>Silicone rubber</i> dan Pengeras.....	31
3.3.2. <i>Natrium Chlorida</i> (NaCl).....	31
3.4. Peralatan.....	32

3.4.1. Pembangkit Tegangan Tinggi Searah Dengan Transformator <i>Flyback</i>	32
3.4.2. Elektroda.....	32
3.4.3. <i>Femto/Picoammeter</i> Seri B2981A	33
3.4.4. <i>Vacuum drying oven</i>	34
3.4.5. Neraca Digital	34
3.4.6. Jangka Sorong Digital	35
3.4.7. Kamera <i>Charge Coupled Device (CCD)</i>	35
3.4.8. Pipet Tetes	35
3.5. Sistem elektroda	35
3.6. Proses pembuatan sampel uji	36
3.7. Pengkondisian sampel	38
3.8. <i>Experimental Setup</i>	39
3.8.1. Pengukuran Sudut Kontak.....	39
3.8.2. Rangkaian Pengukuran Resistivitas Permukaan	40
3.8.3. Prosedur Pengukuran Sudut Kontak	44
3.8.4. Prosedur Pengukuran Resistivitas Permukaan.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Umum	46
4.2 Hasil Eksperimental	46
4.3 Diskusi	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembentukan sudut kontak pada permukaan isolator	13
Gambar 2.2 Konfigurasi dan geometri elektroda berdasarkan ASTM D257	16
Gambar 2.3 Detail dimensi elektroda untuk pengujian yang digunakan.....	16
Gambar 2.4 Grafik kegagalan isolasi padat	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2 (a) <i>Silicone rubber</i> ; (b) Pengeras	31
Gambar 3.3 <i>Natrium chlorida</i>	32
Gambar 3.4 (a) <i>Ring electrode</i> dan <i>guarded electrode</i> (b) Elektroda <i>stainless steel</i>	33
Gambar 3.5 <i>Femto/picoammeter</i> seri B2981A	33
Gambar 3.6 <i>Vacuum drying oven</i>	34
Gambar 3.7 Neraca digital	34
Gambar 3.8 Pipet tetes.....	35
Gambar 3.9 Rancangan <i>test cell</i> elektroda	36
Gambar 3.10 <i>Test cell</i> elektroda pengukuran nilai resistivitas permukaan (a) tampak samping; (b) tampak atas.....	36
Gambar 3.11 Alur proses pembuatan sampel uji	38
Gambar 3.12 Rancangan bejana pengkondisian kabut garam (<i>salt-fog</i>).....	39
Gambar 3.13 Proses pengkondisian dengan kontaminan kabut garam	39
Gambar 3.14 Alur pengukuran sudut kontak.....	40
Gambar 3.15 Rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC dengan transformator <i>flyback</i>	42
Gambar 3.16 Rangkaian pengukuran resistivitas permukaan.....	43
Gambar 4.1 Sudut kontak terhadap waktu pengkondisian yang berbeda....	47

Gambar 4.2 Perbandingan nilai arus bocor terhadap waktu pengkondisian yang berbeda pada pengaplikasian tegangan 250 V, 500 V, dan 1000 V ... 48

Gambar 4.3 Perbandingan nilai resistivitas permukaan terhadap waktu pengkondisian yang berbeda pada pengaplikasian tegangan 250 V, 500 V, dan 1000 V 49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi utama ketiga jenis <i>silicone rubber</i>	8
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan riset	21

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	15
Persamaan 2.2	15
Persamaan 2.3	15
Persamaan 2.4	15
Persamaan 2.5	17
Persamaan 2.6	20
Persamaan 2.7	20
Persamaan 2.8	20

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
- Lampiran 2 Pengukuran Rata-Rata Sisi Sampel Uji
- Lampiran 3 Data Hasil Pengukuran
- Lampiran 4 Perhitungan Nilai Resistivitas Permukaan Sampel *Silicone Rubber*
- Lampiran 5 Rekaman Pengukuran Nilai Sudut Kontak Pada *Software ImageJ*
- Lampiran 6 Pembacaan Nilai Arus Bocor Pada Alat *Picoammeter Keysight Series B2981A*
- Lampiran 7 Lembar Plagiarisme *Turnitin*
- Lampiran 8 SULIET/USEPT

NOMENKLATUR

- ρ_s = nilai resistivitas permukaan
- g = Jarak antara elektroda *guarded* dan *ring* elektroda pada konfigurasi *circular electrode*
- P = Perimeter efektif dari konfigurasi ukuran elektroda yang digunakan
- K_c = Konstanta cell elektroda
- K_s = Konstanta *surface* elektroda
- π = Rasio keliling lingkaran dengan diameternya
- D_1 = Diameter dari *Guarded electrode*
- D_0 = Diameter celah antara *Guarded electrode* dan *Ring electrode*
- D_2 = Diameter dalam *Ring electrode*
- D_3 = Diameter luar *Ring electrode*
- \circ = Sudut kontak

DAFTAR ISTILAH

<i>Hygroscopic</i>	: Menyerap air
<i>Hydrofobic</i>	: Kedap air
<i>Leakage Current</i>	: Arus Bocor
<i>Surface Resistivity</i>	: Resistivitas Permukaan
<i>Contact Angle</i>	: Sudut Kontak
<i>Salt-Fog</i>	: Kabut Garam
<i>Silicone rubber</i>	: Karet Silikon
<i>Sheet</i>	: Lembaran
<i>Void</i>	: Rongga Udara
<i>Flashover</i>	: Lompatan bunga api listrik
<i>Resistance</i>	: Resistansi
<i>Dry Band</i>	: Pita Kering
<i>Roughness</i>	: Kekasaran
<i>Ultraviolet</i>	: Sinar Ultraviolet
<i>elastomer</i>	: Bahan yang mirip karet
<i>Thermal</i>	: Temperatur
<i>Humidity</i>	: Kelembapan
<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan Tembus
<i>Internal Discharges</i>	: Peluahan Internal
<i>Surface Discharges</i>	: Peluahan di permukaan
<i>Electrical Stress</i>	: Tekanan Listrik
<i>Circular Electrode</i>	: Elektroda berbentuk bundar
<i>Ring Electrode</i>	: Elektroda berbentuk cincin
<i>Guarded Electrode</i>	: Elektroda pelindung

Diode Rectifier : Penyearah Gelombang Penuh
Pulse Width Modulation (PWM) Generator : Pembangkit pulsa atau frekuensi tinggi
Metal Oxide Semiconductor : Transistor dari bahan semikonduktor
Field Effect Transistor (MOSFET)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolator berfungsi sebagai penahan dan penopang konduktor pada saluran distribusi dan transmisi tenaga listrik. Isolator keramik banyak digunakan di gardu induk, serta jaringan distribusi dan transmisi [1]. Sifatnya yang baik dalam menahan kekuatan listrik dan mekanik namun mempunyai sifat hidrofilik sehingga rentan terhadap kebocoran arus yang mengalir pada permukaan isolator [2]. Isolator dengan material porselen dan kaca telah banyak digunakan karena material isolasi tersebut umumnya dapat menahan tegangan (*stress*). Namun, selain permasalahannya yang mudah rusak (*breakdown*) selama proses pengangkutan, kerapuhan, dan bobot yang berat, kinerja *flashover* akibat polusi dari isolator jenis ini dapat menurun. Oleh karena itu perlu mengganti isolator jenis ini dengan isolasi polimer khususnya material isolasi *silicone rubber* (SiR) [3].

Material isolasi *silicone rubber* memiliki sifat hidrofobisitas, kinerja *flashover* anti polusi, dan kekuatan mekanik yang sangat baik [4]. Salah satu parameter penting untuk menilai kinerja material isolasi dalam menahan atau menolak air pada permukaan adalah sifat hidrofobiknyanya. Hidrofobik berasal dari kata hidro (air) dan fobik (menolak) adalah suatu sifat yang tidak mampu menyerap atau menerima air. Isolator polimer *silicone rubber* yang memiliki sifat menolak air (*hydrophobicity*), bahkan mampu memulihkan (*recovery*) dan memindahkan (*transfer*) sifat hidrofobiknyanya ke lapisan polusi menyebabkan lapisan polusi ikut bersifat hidrofobik [5]. Sifat hidrofobisitas suatu permukaan isolasi dipengaruhi oleh banyak faktor yang berbeda. Beberapa faktor penting antara lain: jenis material isolasi, kekasaran

permukaan, heterogenitas atau keanekaragaman permukaan, komposisi kimia (selama proses penuaan) dan adanya polusi [6].

Di bawah pengaruh faktor lingkungan eksternal, kinerja dan sifat isolator polimer *silicone rubber* dalam pengoperasiannya akan semakin menurun [7]. Ketika isolator polimer beroperasi di lingkungan dengan kelembaban tinggi, kabut garam, dan kabut asap maka peluahan korona cenderung terjadi di dekat isolator yang menempel pada konduktor, sehingga mengakibatkan penuaan pada isolator. Apabila isolator sudah mengalami penuaan sampai batas waktu tertentu, hidrofobisitas permukaannya akan menurun, nilai tahanan (*resistance*) terhadap *flashover* berkurang, arus bocor pada permukaan meningkat, dan *flashover* akibat polusi mudah terjadi sehingga dapat mengakibatkan kegagalan dalam pengoperasian jaringan listrik [8].

Dalam pengoperasian jaringan distribusi tenaga listrik di daerah pesisir pantai, material isolasi di jaringan tersebut pada umumnya mengalami percepatan penuaan akibat kontaminasi dari garam. Garam dalam bentuk tetesan air dan gelembung dapat menyebar di udara dan membentuk kabut garam, kemudian dapat mengendap di permukaan isolator. Lapisan kontaminan yang terbentuk pada permukaan isolator menjadi basah apabila terkena air hujan sehingga meningkatkan konduktivitas permukaan dan sebaliknya menurunkan resistivitas permukaan. Hal ini menyebabkan peningkatan arus bocor, pembentukan pita kering (*dry band*), permulaan terjadinya peluahan sebagian dan dalam kondisi tertentu, dapat menyebabkan *flashover* [9]. Perkembangan arus bocor dan busur api pada isolator yang resistivitas permukaannya telah berkurang karena kontaminasi dan kelembapan menjadi penyebab terjadinya *flashover* [10].

Pengendapan garam pada permukaan isolator dapat mempercepat proses penuaan dan menyebabkan hilangnya sifat hidrofobisitas di

permukaan material isolasi [11]. Selain itu resistivitas permukaan isolator akan berkurang akibat kontaminasi dari kabut garam. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mengukur sudut kontak dan resistivitas permukaan serta melihat pengaruh kontaminan kabut garam (*salt-fog*) terhadap kinerja material isolasi *silicone rubber*.

1.2 Rumusan Masalah

Isolasi *silicone rubber* yang terpapar oleh kontaminan kabut garam dapat mengakibatkan kekasaran (*roughness*) pada bagian permukaannya, sehingga dapat meningkatkan arus bocor diakibatkan oleh peningkatan konduktivitas dan resistivitas permukaannya yang menjadi rendah. Permukaan material isolasi *silicone rubber* yang menjadi kasar akibat kabut garam dapat menyebabkan perubahan struktur sehingga berpengaruh terhadap sifat hidrofobitasnya.

Pengukuran sudut kontak dan resistivitas permukaan sampel *silicone rubber* yang dikondisikan dengan kontaminan NaCl, merupakan salah satu metoda untuk mengetahui seberapa besar dampak buruk kontaminasi dari kabut garam terhadap penurunan nilai resistivitas permukaan yang terjadi pada isolasi *silicone rubber*. Penelitian ini penting dilakukan, bermanfaat untuk keperluan pemeliharaan atau *maintenance* isolasi pasangan luar yang menggunakan bahan dari jenis *silicone rubber* khususnya pada sistem distribusi yang berlokasi di lingkungan dekat dengan pesisir pantai.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Melakukan pengukuran sudut kontak (*contact angle*) pada material isolasi *silicone rubber* setelah diberikan perlakuan pengkondisian dengan kontaminan kabut garam.

2. Melakukan pengukuran resistivitas pada permukaan dan mendapatkan nilai resistivitas permukaan sebagai fungsi lama waktu pengkondisian dengan kontaminan kabut garam pada material isolasi *silicone rubber*.
3. Mempelajari pengaruh variasi waktu pengkondisian dengan kontaminan kabut garam terhadap nilai sudut kontak dan resistivitas permukaan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa isolasi polimer jenis *Room Temperatur Vulcanized (RTV) silicone rubber* berbentuk lembaran (*sheet*) dengan panjang 70 mm, lebar 70 mm, dan ketebalan 1 mm.
2. Sampel akan dikondisikan dengan memaparkan kontaminan kabut garam dari senyawa *Natrium Chlorida* atau NaCl. Perbandingan massa antara NaCl dan air aquades adalah 18 gr NaCl dan 50 ml air aquades.
3. Pengkondisian sampel dengan kontaminan kabut garam dilakukan selama 48 jam, 96 jam, dan tanpa waktu pengkondisian (kontrol).
4. Pengukuran yang dilakukan adalah sudut kontak dan resistivitas permukaan material isolasi *silicone rubber*.
5. Konfigurasi elektroda berbentuk bundar (*circular*) yang mengacu pada standar ASTM D257.
6. Pada pengukuran resistivitas permukaan menggunakan variasi tegangan searah (DC) 250 Volt, 500 Volt, dan 1000 Volt.

1.5 Hipotesis Penelitian

Adanya peningkatan kadar endapan garam NaCl pada permukaan sampel seiring dengan meningkatnya waktu pemaparan kontaminasi dari kabut garam diduga dapat menurunkan sifat hidrofobisitas dan terjadinya peningkatan arus bocor sehingga resistivitas permukaan material isolasi *silicone rubber* dapat menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suwarno, A. Basuki, F. Lendy, and Sumedi, "Improving outdoor insulator performances installed at coastal area using silicone rubber coating," *Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2012*, pp. 1143–1146, 2012, doi: 10.1109/CMD.2012.6416361.
- [2] D. Fauziah, H. Alfiadi, Rachmawati, and Suwarno, "Performances of long-term coastal field aged silicone-coated ceramic insulators under clean and salt fog conditions," *International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems, ICHVEPS 2017 - Proceeding*, vol. 2017-January, pp. 51–56, Dec. 2017, doi: 10.1109/ICHVEPS.2017.8225866.
- [3] Y. Zhu, S. Xu, and Y. Li, "Influence of Moist Environment on Aging Performance of Energized Silicone Rubber Used for Outdoor Insulation," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 174932–174939, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2957405.
- [4] Y. N. Peng, R. D. Zhou, B. Wei, and G. J. Zhang, "Effect of salt fog and humidity on corona aging performance of HTV silicone rubber insulating material," in *2020 IEEE 1st China International Youth Conference on Electrical Engineering, CIYCEE 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020. doi: 10.1109/CIYCEE49808.2020.9332707.
- [5] W. Agung, R. Amiruddin, S. Manjang, and I. Kitta, "SIMULASI KARAKTERISTIK ARUS BOCOR DAN SIFAT HIDROFOBIK KE LAPISAN POLUSI PERMUKAAN ISOLATOR POLIMER SILICONE RUBBER," *Jurnal EKSITASI*, vol. 1, no. 2, 2022.

- [6] International Electrotechnical Commission and International Electrotechnical Commission. Technical Committee 36, *Guidance on the measurement of hydrophobicity of insulator surfaces*.
- [7] Z. Zhijin, L. Tian, J. Xingliang, L. Chen, Y. Shenghuan, and Z. Yi, "Characterization of Silicone Rubber Degradation under Salt-Fog Environment with AC Test Voltage," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 66714–66724, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917700.
- [8] M. Bi, R. Deng, T. Jiang, X. Chen, A. Pan, and L. Zhu, "Study on Corona Aging Characteristics of Silicone Rubber Material under Different Environmental Conditions," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 29, no. 2, pp. 534–542, Apr. 2022, doi: 10.1109/TDEI.2022.3163792.
- [9] Arshad, A. Nekahi, S. G. McMeekin, and M. Farzaneh, "Investigating flashover behaviour of silicone rubber insulators under contaminated conditions," *Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP*, vol. 2015-December, pp. 856–859, Dec. 2015, doi: 10.1109/CEIDP.2015.7352108.
- [10] R. S. Gorur *et al.*, "Surface resistance measurements on nonceramic insulators," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 16, no. 4, pp. 801–805, 2001, doi: 10.1109/61.956772.
- [11] M. Wakhidin and Suwarno, "Effects of Artificial Tropical Climate Aging on Insulation Performance of Silicone Rubber Polymeric Insulators," *Proceedings of the 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems: Towards Sustainable*

and Reliable Power Delivery, ICHVEPS 2019, Oct. 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011130.

- [12] D. H. Santosa, “ANALISA PERCEPATAN UMUR ISOLATOR KERAMIK PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 KV DI DAERAH PESISIR PANTAI AKIBAT KONTAMINAN UDARA,” Institut Teknologi Sepuluh November , Surabaya, 2017.
- [13] D. Ali, A. Syakur, and H. Hermawan, “ANALISIS ARUS BOCOR PADA BAHAN ISOLATOR RESIN EPOKSI CAMPURAN SILICONE RUBBER DAN SILIKA ABU SEKAM PADI DENGAN VARIASI TEGANGAN MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN INCLINED-PLANE TRACKING,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 209–216, Aug. 2017, doi: 10.14710/TRANSIENT.V6I2.209-216.
- [14] A. Ilham, W. Nugroho, A. Syakur, and D. Hermawan, “ANALISIS UNJUK KERJA ISOLATOR POLIMER 20 kV RESIN EPOKSI BAHAN PENGISI TiO₂ (TITANIUM DIOXIDE) DENGAN SIRIP SERAGAM PADA KONDISI KONDUKTIVITAS YANG BERVARIASI,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 306–311, Jun. 2021, doi: 10.14710/TRANSIENT.V10I2.306-311.
- [15] W. Xilin, J. Zhidong, and W. Liming, “Composite Materials Used in Outdoor Insulation,” in *Polymer Composites for Electrical Engineering*, John Wiley & Sons, Ltd, 2021, ch. 8, pp. 191–206. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119719687.ch8>.

- [16] C. Y. R. Pebakirang, “ANALISIS KARAKTERISTIK DIELEKTRIK, TRANSFER HIDROFOBİK PERMUKAAN MATERIAL LIQUID SILICONE DI BAWAH TIRUAN POLUTAN DAN RADIASI UV,” Universitas Hasanuddin, Makassar, 2021.
- [17] A. I. PRATIWI, “MEKANISME FLASHOVER UNTUK MENENTUKAN KINERJA ISOLATOR POLIMER YANG TERKONTAMINAS,” UNIVERSITAS HASANUDDIN, Makassar, 2013.
- [18] Samsurizal, R. Pratama Putera, and Christiono, “Studi Sifat Transfer Hidrofobik Dari Bahan Isolator Polimer Silicone Rubber Akibat Pengaruh Cuaca Didaerah Tropis Perkotaan,” *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 288–295, Jan. 2019, Accessed: Jan. 03, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jis/article/view/3955>
- [19] B. Mehmood, M. Akbar, and R. Ullah, “Accelerated aging effect on high temperature vulcanized silicone rubber composites under DC voltage with controlled environmental conditions,” *Eng Fail Anal*, vol. 118, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104870.
- [20] ASTM Committee D-9 on Electrical Insulating Materials, R. Bartnikas, and R. M. Eichhorn, “ENGINEERING DIELECTRICS, VOLUME IIB. ELECTRICAL PROPERTIES OF SOLID INSULATING MATERIALS: MEASUREMENT TECHNIQUES.,” *ASTM Special Technical Publication*, vol. IIB, 1987, doi: 10.1520/STP926-EB.

- [21] A. Ramadhan, "PENGARUH PAPARAN PLASMA TERHADAP NILAI TAHANAN PERMUKAAN ISOLASI LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)," Univeritas Sriwijaya, 2019.
- [22] An American National Standard, "Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials," *Designation: D257 – 07*, pp. 1–18, 2012, doi: 10.1520/D0257-07.
- [23] H. G. Lee and J. G. Kim, "Volume and surface resistivity measurement of insulating materials using guard-ring terminal electrodes," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 11, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13112811.
- [24] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High voltage engineering : fundamentals*. Butterworth-Heinemann, 2000.
- [25] M. S. Naidu and V. Kamaraju, *High voltage engineering*. McGraw-Hill, 1996.
- [26] S. N. Haya, A. A. Jaelani, L. S. Lumba, and Suwarno, "Accelerated Aging Study on Silicone Rubber Insulator with Contaminant Level and Fog Conductivity Variations," in *2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems, ICHVEPS 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021, pp. 091–095. doi: 10.1109/ICHVEPS53178.2021.9601100.
- [27] Z. Zhang, T. Liang, C. Li, X. Jiang, J. Wu, and B. Wu, "Electrical strength and physicochemical performances of HTV silicone rubber

under salt-fog environment with DC energized,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 2, Feb. 2020, doi: 10.3390/polym12020324.

- [28] H. Zhang and R. Hackam, “Surface resistance and hydrophobicity of HTV silicone rubber in the presence of salt-fog,” *Conference Record of IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, vol. 2, pp. 355–358, 1998, doi: 10.1109/ELINSL.1998.694808.