

SKRIPSI

**PENGARUH PAPAN ASAM FORMAT (CH_2O_2) TERHADAP
PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA
ISOLASI *EPOXY RESIN***



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

Oleh:

**NADIA SAGITA PUTRI
NIM. 03041281924034**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH PAPARAN ASAM FORMAT (CH_2O_2) TERHADAP
PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA
ISOLASI *EPOXY RESIN***

Oleh:

**NADIA SAGITA PUTRI
NIM. 03041281924034**

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, Juli 2023

Ketua Jurusan Teknik Elektro,



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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

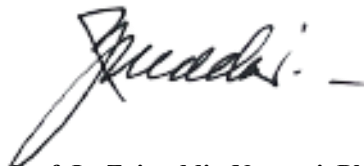
**PENGARUH PAPARAN ASAM FORMAT (CH₂O₂) TERHADAP
PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA
ISOLASI *EPOXY RESIN***

Oleh:

**NADIA SAGITA PUTRI
NIM. 03041281924034**

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

**Palembang, Juli 2023
Dosen Pembimbing,**



**Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU.
NIP. 195903031985031004**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nadia Sagita Putri
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281924034
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Persentase plagiarisme (Turnitin) : 8%

Menyatakan bahwa,

Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Paparan Asam Format (CH_2O_2) Terhadap Peluahan Awal Pemohonan Listrik Pada Isolasi *Epoxy Resin*”, 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 keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan,



Nadia Sagita Putri
NIM. 03041281924034

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 : Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU.

Tanggal : __/Jul/2023

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Paparan Asam Format (CH_2O_2) Terhadap Peluahan Awal Pemohonan Listrik Pada Isolasi *Epoxy Resin*”. Skripsi ini merupakan karya saya yang dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam pembuatan karya ini saya mendapatkan banyak bantuan dan dukungan dari keluarga, sejawat, dan teman, oleh karena itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan. Saya mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar karya ini dapat dikembangkan kembali. Semoga karya sederhana berbentuk skripsi ini bermanfaat dan memberikan kontribusi serta membantu dalam bidang akademik khususnya bidang teknik elektro.

Palembang, Juli 2023
Yang menyatakan,



Nadia Sagita Putri
NIM. 03041281924034

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan dan persembahkan sebagai penghargaan dan rasa hormat saya kepada:

- Ayah dan Mama tercinta Muhammad Amin dan Yohanna Riska Andini, kedua Adik tersayang Muhammad Hafiz Saputra dan Muhammad Alfaridzi Saputra, Om, Tante, serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa yang senantiasa dipanjatkan untuk pendidikan saya;
- Bapak Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU, Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T., dan Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. yang memberikan bimbingan untuk menyelesaikan tugas akhir;
- Rektor Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE, IPU, MKU, ASEAN.Eng., dan Dekan Fakultas Teknik Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.;
- Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku ketua jurusan, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku pembimbing akademik;
- Pranata dan Senior di Laboratorium Energy and Safety Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Mba Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., Kak Ferlian Seftianto S.T.;
- Disha Quamila Rhezvinandira yang selalu ada menemani penulisan tugas akhir ini;
- Semua anggota Laboratorium Electrical Energy and Safety yang terlibat dalam penelitian Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik (TTTTPL) angkatan 2019;

- Teman-teman seperjuangan yaitu Yukik, Mey, Ica, Destri, Balqis, dan Butet;
- Admin dan akademik jurusan teknik elektro;
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2019 Universitas Sriwijaya.

Agar semua kebaikan yang diberikan menjadi amal dan dibalas oleh Allah SWT.

Palembang, Juli 2023
Yang menyatakan,



Nadia Sagita Putri
NIM. 03041281924034

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nadia Sagita Putri
NIM : 03041281924034
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
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 Paparan Asam Format (CH_2O_2) Terhadap Peluahan Awal Pemohonan Listrik Pada Isolasi *Epoxy resin*” 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.

Dibuat di : Palembang

Pada tanggal : Juli 2023

Yang menyatakan,



Nadia Sagita Putri
NIM. 03041281924034

ABSTRAK

PENGARUH PAPARAN ASAM FORMAT (CH_2O_2) TERHADAP PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA ISOLASI *EPOXY RESIN*

(Nadia Sagita Putri, 03041281924034, 2023, xxi + 51 halaman + lampiran)

Penelitian ini membahas tentang pemohonan listrik yang terjadi pada material isolasi *epoxy resin* yang diberikan pengondisian asam format (CH_2O_2) dengan waktu pengondisian selama 12; 24; dan 48 jam dan *epoxy resin* tanpa pengondisian sebagai sampel kontrol. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem elektroda *leaf-like sample* untuk mendapatkan nilai tegangan awal pemohonan, bentuk pemohonan, panjang pemohonan, dan akumulasi kerusakan. Setelah pemohonan berinisiasi, diterapkan tegangan aplikasi +0,2; +0,4; dan +0,6 kV dari tegangan awal pemohonan untuk mengamati pengaruhnya terhadap pertumbuhan pemohonan listrik. Nilai tegangan awal pemohonan terbesar didapatkan pada sampel tanpa pengondisian sebesar 5,05 kV dan nilai terkecil didapatkan pada pengondisian selama 48 jam sebesar 3,60 kV. Nilai panjang pemohonan terbesar dihasilkan oleh sampel yang diberi pengondisian selama 48 jam pada tegangan aplikasi +0,2 kV; +0,4 kV; dan +0,6 kV secara berturut-turut sebesar 327,76 μm , 437,478 μm , dan 585,48 μm , sedangkan nilai panjang pemohonan terkecil dihasilkan oleh sampel tanpa pengondisian pada tegangan aplikasi +0,2 kV; +0,4 kV; dan +0,6 kV secara berturut-turut sebesar 279,96 μm , 299,57 μm , saat 341,77 μm . Nilai akumulasi kerusakan terkecil didapatkan pada sampel tanpa pengondisian pada tegangan aplikasi +0,2 kV sebesar $1,9082 \times 10^3$ piksel, lalu nilai akumulasi kerusakan terbesar didapatkan pada sampel dengan pengondisian selama 48 jam saat tegangan aplikasi +0,6 kV sebesar $15,4422 \times 10^3$ piksel.

Kata kunci: Pemohonan Listrik, *Epoxy Resin*, Asam Format (CH_2O_2)

ABSTRACT

EFFECT OF FORMIC ACID (CH₂O₂) TOWARDS INITIAL DISCHARGE OF ELECTRICAL TREEING IN EPOXY RESIN INSULATION

(Nadia Sagita Putri, 03041281924034, 2023, xxi + 51 pages + attachments)

This study discusses the electrical treeing phenomenon that occurs in epoxy resin insulation material by formic acid (CH₂O₂) with variations conditioning time ranging 12; 24; and 48 hours. Epoxy resin without conditioning as a control using a leaf-like sample electrode system. The tests carried out are measurements of treeing inception voltage, treeing shape, treeing length, and accumulation damage. After tree initiated, the voltage will be increased to 0,2; 0,4; and 0,6 kV to observe its influence to electrical treeing growth. The highest value of inception voltage is found in the epoxy resin without conditioning that which is 5,05 kV and the lowest value of inception voltage is found in the epoxy resin with conditioning for 48 hours that is 3,60 kV. The highest value of tree length is found in epoxy resin conditioning for 48 hours with +0,2 kV; +0,4kV; and +0,6 kV addition voltage consecutively equal to 327,765 μm, 437,478 μm, and 585,48 μm. While the lowest value of tree length is found in epoxy resin without conditioning with +0,2 kV; +0,4kV; and +0,6 kV addition voltage consecutively equal to 279,96 μm, 299,57 μm, saat 341,77 μm. The lowest value of accumulated damage for +0,2 kV addition voltage is found in epoxy resin without conditioning that equals to 1,9082 x 10³ pixels, while the highest value of accumulated damage value was for +0,6 kV addition voltage are found in epoxy resin for 48 hours that equals to 15,4422 x 10³ pixels.

Keywords: Electrical Treeing, Epoxy Resin, Formic Acid (CH₂O₂)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR PERSAMAAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
NOMENKLATUR.....	xx
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Isolator.....	7
2.2 Isolasi Polimer	7
2.3 <i>Epoxy Resin</i>	8
2.4 Kekuatan Dielektrik	9

2.5 Penuaan (<i>Aging</i>) pada Isolasi	10
2.6 Asam Format (CH_2O_2)	11
2.7 Mekanisme Kegagalan pada Isolasi Padat	11
2.8 Peluahan Sebagian (<i>Partial Discharge</i>)	15
2.9 Pemohonan Listrik (<i>Electrical Treeing</i>).....	16
2.10 <i>Leaf Like-Specimen</i>	17
2.11 Riset-Riset Sebelumnya.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Pendahuluan.....	23
3.2 Metode Penelitian	23
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.4 Material dan Peralatan yang Digunakan	25
3.4.1 Material	25
3.4.2 Peralatan.....	29
3.5 Prosedur Pembuatan Sampel Uji	34
3.6 Pengondisian Sampel	35
3.7 <i>Experimental Setup</i>	36
3.7.1 Sistem Elektroda.....	36
3.7.2 Rangkaian Pengujian	37
3.8 Prosedur Pengujian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Umum.....	40
4.2 Data Hasil Penelitian dan Pembahasan	40
4.2.1 Tegangan Awal Pemohonan Listrik (<i>Treeing Inception Voltage</i>).....	40
4.2.2 Tipe Pemohonan Listrik (<i>Treeing Shape</i>)	42
4.2.3 Panjang Pemohonan Listrik (<i>Treeing Length</i>).....	44
4.2.4 Akumulasi Kerusakan	45

4.3 Pembahasan	47
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia <i>Epoxy Resin</i>	9
Gambar 2.2 Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat.....	12
Gambar 2.3 Tipe Pemohonan Listrik (<i>Electrical Treeing</i>)	17
Gambar 2.4 Konfigurasi <i>Leaf-like specimen</i>	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2 <i>Epoxy Resin (Bisphenol A-Epichlorohydrin)</i> dan <i>Hardener EPH 555 (Cycloaliphatic Amine)</i>	25
Gambar 3.3 Asam Format (CH_2O_2).....	26
Gambar 3.4 Elektroda Jarum	26
Gambar 3.5 <i>Conductive Silver Paint</i>	27
Gambar 3.6 <i>Cover Glass</i>	27
Gambar 3.7 <i>Aluminium Tape</i>	28
Gambar 3.8 Minyak Diala B.....	28
Gambar 3.9 Transformator Sumber Tegangan Bolak-Balik	29
Gambar 3.10 Mikroskop Digital	29
Gambar 3.11 Kamera CCD.....	30
Gambar 3.12 Jangka Sorong Digital	30
Gambar 3.13 <i>High Voltage Probe tipe Tetronix P6015A</i>	31
Gambar 3.14 <i>Picoscope tipe 4000series</i>	31
Gambar 3.15 <i>Pearson Current Monitor model 411</i>	32
Gambar 3.16 Neraca Digital	32
Gambar 3.17 Tahapan Pembuatan Sampel Uji	34
Gambar 3.18 Bejana Pengondisian	34
Gambar 3.19 Sistem Elektroda	35
Gambar 3.20 Rangkaian Pengujian.....	37

Gambar 4.1	Tahapan terjadinya tegangan awal pemohonan (<i>treeing inception voltage</i>).....	40
Gambar 4.2	Karakteristik tegangan awal pemohonan (<i>treeing inception voltage</i>) terhadap waktu pengondisian CH ₂ O ₂	40
Gambar 4.3	Tipe pemohonan listrik listrik.....	41
Gambar 4.4	Probabilitas tipe pemohonan listrik terhadap lama waktu pengondisian CH ₂ O ₂	42
Gambar 4.5	Karakteristik panjang pemohonan dengan variasi waktu pengondisian terhadap penambahan tegangan.....	43
Gambar 4.6	Pemohonan listrik	44
Gambar 4.7	Karakteristik akumulasi peluahan dengan variasi waktu pengondisian terhadap penambahan tegangan.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan 18

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	9
Persamaan 2.2	13
Persamaan 2.3	13
Persamaan 2.4	13
Persamaan 2.5	13
Persamaan 2.6	13
Persamaan 2.7	14
Persamaan 2.8	14
Persamaan 2.9	17

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pengukuran Tegangan Awal Pemohonan Listrik (*Treeing Inception Voltage*) (TIV)
- Lampiran 2 Data Pengukuran Panjang Pemohonan Listrik dengan Variasi Waktu Pengondisian Terhadap Tegangan Aplikasi
- Lampiran 3 Data Pengukuran Akumulasi Kerusakan dengan Variasi Waktu Pengondisian Terhadap Tegangan Aplikasi
- Lampiran 4 Panjang Pemohonan Listrik dengan Variasi Waktu Pengondisian Terhadap Tegangan Aplikasi
- Lampiran 5 Akumulasi Kerusakan dengan Variasi Waktu Pengondisian Terhadap Tegangan Aplikasi
- Lampiran 6 Pengujian
- Lampiran 7 Plagiarisme Turnitin
- Lampiran 8 SULIET

NOMENKLATUR

f	: Frekuensi (Hz)
δ	: <i>Loss angle</i> material isolasi
E	: Nilai rms
CV	: Panas spesifik dari material isolasi
T	: Suhu dari material isolasi
K	: Konduktivitas termal dari material isolasi
t	: Waktu yang dibutuhkan untuk hilangnya panas
Y	: Modulus Young
E_b	: Medan tembus (V_b/t')
ϵ_r	: Permittivitas relatif dari dielektrik padat
C_{void}	: Kapasitansi bahan dielektrik (Farad)
ΔV	: Tegangan yang diterapkan pada bahan dielektrik (V)
n_{pd}	: Nilai peluahan sebagian per-setengah siklus tegangan diterapkan
V	: Tegangan yang diterapkan (kV)
r	: Jari-jari ujung jarum (mm)
d	: Jarak antar elektroda (mm)

DAFTAR ISTILAH

<i>Electrical treeing</i>	: Pemohonan listrik
<i>Treeing Inception Voltage (TIV)</i>	: Tegangan awal pemohonan listrik
<i>Treeing length</i>	: Panjang pemohonan
<i>Treeing shape</i>	: Bentuk pemohonan
<i>Accumulated damage</i>	: Akumulasi kerusakan
<i>Branch tree type</i>	: Tipe cabang
<i>Bush tree type</i>	: Tipe semak
<i>Bush-branch tree type</i>	: Tipe semak-cabang
<i>Flashover</i>	: Loncatan api
<i>Void</i>	: Rongga udara
<i>Defect</i>	: Cacat
<i>Impurities</i>	: Ketidakmurnian
<i>Protrusion</i>	: Tonjolan
<i>Electrical stress</i>	: Tekanan listrik
<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Crumb rubber industry</i>	: Industri remahan karet
<i>Breakdown</i>	: Tembus
<i>Partial discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Stress</i>	: Tekanan
<i>Outdoor insulation</i>	: Isolasi pasang luar

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bersamaan dengan teknologi yang semakin mengalami kemajuan, permintaan akan energi listrik semakin meningkat karena perangkat yang mendukung aktivitas manusia memerlukan pasokan listrik yang besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem ketenagalistrikan yang andal untuk menyediakan suplai energi dari berbagai sumber pembangkit listrik berbagai pembangkit listrik [1]. Untuk mengurangi terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, keandalan dalam penyaluran energi listrik merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Sistem isolasi berperan penting dalam menentukan keandalan penyaluran energi listrik [2]. Isolasi merupakan material yang berfungsi untuk memisahkan secara elektris antara dua penghantar atau lebih yang bertegangan untuk mencegah terjadinya lompatan api (*flashover*) [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan pemilihan material isolasi yang tepat agar penyaluran energi listrik dapat berjalan [1][4].

Pada saat ini, material isolasi jenis polimer telah digunakan secara luas sebagai material isolasi tegangan tinggi. Material polimer umumnya memiliki sifat hidrofobik yang baik, memiliki sifat dielektrik dan termal yang tinggi, serta sifat akan ketahanan terhadap korosi yang tinggi. Dengan keunggulan tersebut, material polimer diaplikasikan sebagai bahan pelapis isolator pasang luar [5][6]. Salah satu jenis material isolasi polimer yang banyak digunakan dan terus dikembangkan adalah *epoxy resin*. Keunggulan material polimer jenis *epoxy resin* jika digunakan sebagai material isolasi antara lain memiliki sifat dielektrik yang tinggi, memiliki ketahanan terhadap

air (hidrofobik) yang baik, memiliki kekuatan mekanik yang baik serta ketahanan terhadap senyawa kimia yang baik [7].

Secara umum, material polimer jenis *epoxy resin* juga memiliki kekurangan, diantaranya rentan terhadap lingkungan dengan radiasi ultraviolet, sensitif saat digunakan pada daerah dengan temperatur dan kelembaban yang tinggi [8]. Oleh karena itu, penggunaan material isolasi jenis *epoxy resin* juga tidak lepas dari kegagalan isolasi, salah satunya pemohonan listrik atau *electrical treeing*. Pemohonan listrik terjadi karena adanya cacat (*defect*) yang timbul dalam bentuk rongga (*void*), ketidakmurnian (*impurities*), dan tonjolan (*protrusion*) pada material sehingga terjadi peningkatan tekanan listrik (*electrical stress*) secara terus-menerus dan membentuk jalur yang serupa dengan pemohonan yang dapat menyebabkan penuaan (*aging*) serta menurunkan usia pakai isolasi tersebut [9].

Isolasi pasang luar (*outdoor insulation*) yang biasa digunakan saat ini adalah material isolasi jenis polimer, salah satunya menggunakan *epoxy resin*. *Epoxy resin* memiliki sifat dielektrik, sifat mekanik, sifat tahan korosi yang tinggi, dan memiliki sifat tahan air (hidrofobik). Oleh karena itu, *epoxy resin* pada tegangan tinggi digunakan sebagai *switchgear*, perangkat transmisi daya, dan *bushing* [10]. Penuaan (*aging*) dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti sinar ultraviolet, temperatur, kelembaban, serta polutan yang menempel pada isolasi sehingga dapat menyebabkan degradasi kemampuan dari material tersebut [11]. Penggunaan kabel berisolasi polimer di kawasan yang mengandung polutan industri, seperti industri *crumb rubber* yang menggunakan asam format (CH_2O_2) dapat menyebabkan penuaan (*aging*) pada material isolasi sehingga mempengaruhi kinerja isolasi. Material isolasi

yang terpapar asam format (CH_2O_2) akan mempercepat proses penuaan (*aging*) sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pemohonan listrik (*electrical treeing*) dan jika dibiarkan berlama-lama maka akan menyebabkan kegagalan isolasi.

Untuk mempelajari pengaruh asam format (CH_2O_2) terhadap material isolasi *epoxy resin*, pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai pemohonan listrik (*electrical treeing*).

1.2 Rumusan Masalah

Pemohonan listrik (*electrical treeing*) adalah fenomena yang cukup sering terjadi pada material isolasi dan termasuk salah satu faktor penyebab terjadinya degradasi pada material isolasi. Isolasi pasang luar (*outdoor insulation*) yang biasa digunakan saat ini adalah material isolasi jenis polimer, salah satunya menggunakan *epoxy resin*. *Epoxy resin* memiliki sifat dielektrik, sifat mekanik, sifat tahan korosi yang tinggi, dan memiliki sifat tahan air (hidrofobik). Oleh karena itu, *epoxy resin* pada tegangan tinggi digunakan sebagai *switchgear*, perangkat transmisi daya, dan *bushing* [10]. Penggunaan kabel tenaga berisolasi polimer pada lingkungan industri *crumb rubber* yang menggunakan bahan kimia berupa asam format (CH_2O_2) dalam proses produksi setiap hari diduga berpengaruh terhadap semua peralatan yang digunakan dalam industri termasuk sarana dan prasarana penunjang lainnya. Kabel tenaga berisolasi polimer jenis *epoxy resin* yang digunakan pada kawasan tercemar asam format tersebut untuk waktu yang lama diduga akan mengalami perubahan kinerja karena adanya zat yang menempel atau terserap dalam material isolasi *epoxy resin* tersebut. Pengaruh asam format (CH_2O_2) melalui proses absorpsi dari material *epoxy resin* diduga dapat mempercepat proses penuaan (*aging*) dari material sehingga akan

mempengaruhi kemampuan dan mengakibatkan penurunan usia pakai isolasi. Asam format dapat menjadi polutan terhadap material isolasi *epoxy resin* yang pada akhirnya akan memberikan pengaruh pada performansi dari material.

Oleh karena itu, berapa besar pengaruh asam format sebagai polutan perlu dilakukan studi lebih lanjut. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran besar tegangan awal terjadinya peluahan pemohonan listrik untuk melihat pengaruh paparan asam format dengan variasi waktu pengondisian yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur nilai tegangan awal pemohonan listrik pada isolasi *epoxy resin* yang terpapar polutan asam format (CH_2O_2).
2. Mengamati pemohonan listrik yang terjadi pada pada isolasi *epoxy resin* terhadap waktu pengondisian asam format (CH_2O_2).
3. Mengamati pengaruh peningkatan tegangan yang diaplikasikan pada material isolasi *epoxy resin* terhadap pemohonan listrik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diidentifikasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa isolasi polimer jenis *epoxy resin* berbentuk lembaran dengan ketebalan 1 mm.
2. Jarak sela antara ujung elektroda jarum (*needle tip*) terhadap elektroda datar berupa aluminium *tape* diatur sebesar 1 mm.
3. Sampel dikondisikan dengan menggunakan bahan polutan berupa asam format (CH_2O_2) dengan variasi waktu pengondisian atau

pemaparan masing-masing 12; 24; dan 48 jam serta tanpa pengondisian sebagai kontrol.

4. Pengukuran menggunakan aplikasi tegangan bolak-balik (AC) pada frekuensi kerja 50 Hz.
5. Pengukuran tegangan awal pemohonan listrik dilakukan dengan menerapkan tegangan sebelum terjadinya tembus sempurna (*complete breakdown*).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi tentang latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi tentang studi literatur yang diperoleh dari sumber bacaan seperti artikel, jurnal, skripsi dan sumber bacaan lainnya. Tujuan dilakukan studi literatur adalah untuk mendapatkan informasi tentang penelitian terdahulu ataupun informasi yang berkaitan mengenai isolasi polimer *epoxy resin*, asam format (CH_2O_2), dan pemohonan listrik (*electrical treeing*).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tempat, waktu, dan tahapan dari penelitian. Dimulai dari proses persiapan alat serta bahan, pembuatan sampel, pengondisian pada sampel, pembuatan sistem elektroda, serta rangkaian dan pengujian terhadap penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengukuran dari tegangan awal pemohonan listrik, panjang pemohonan listrik, akumulasi kerusakan, dan tipe pemohonan listrik yang telah direkam dan dicatat ke tabel hasil penelitian yang akan diolah dan kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian akhir skripsi yang berisi hasil penelitian dengan kesimpulan yang ditulis dalam bentuk poin dan saran yang diperlukan untuk penelitian yang bisa dikembangkan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. F. Kurnia, "INVESTIGASI KARAKTER PARTIAL DISCHARGE PADA MATERIAL ISOLASI TEGANGAN TINGGI PARTIAL DISCHARGE," vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2015.
- [2] Z. L. L. B.X. Du, Y. Zhang, T. Han, "Temperature Gradient Affecting Electrical Tree in Silicone Rubber under Impulse Superimposed on DC Voltage." 2021.
- [3] A. Jaya, "Kinerja Permukaan Bahan Isolasi Low Density Polyethylene (LDPE)," pp. 1–6, 2017.
- [4] P. H. R. Suwarno, "Simulasi Pemohonan Listrik (Electrical Treeing) pada Isolasi Polimer dengan Menggunakan Metode Cellular Automata," *ITB J. Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 115–129, 2005, doi: 10.5614/itbj.sci.2005.37.2.3.
- [5] S. Ziad, A. Dabbak, H. A. Illias, M. Zul, and H. Makmud, "Electrical Properties of Polyethylene / Polypropylene Compounds for High-Voltage Insulation," pp. 1–13, 2018, doi: 10.3390/en11061448.
- [6] R. Kurnianto, Y. Murakami, M. Nagao, and N. Hozumi, "Investigation of filler effect on treeing phenomenon in epoxy resin under ac voltage," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 15, no. 4, pp. 1112–1119, 2008, doi: 10.1109/TDEI.2008.4591234.
- [7] Q. Wang, P. Curtis, and G. Chen, "Effect of nano-fillers on electrical breakdown behavior of epoxy resin," *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, vol. 9, pp. 2–5, 2010, doi: 10.1109/CEIDP.2010.5724024.
- [8] P. D. Bastidas and S. M. Rowland, "Interfacial aging in composite insulators as a result of partial discharge activity," *2017 IEEE Electr.*

- Insul. Conf. EIC 2017*, no. June, pp. 13–16, 2017, doi: 10.1109/EIC.2017.8004690.
- [9] R. Kurnianto and M. Rajagukguk, “Pengaruh Bahan Pengisi Cangkang Kelapa Sawit Komposit-Silicone Rubber Dalam Permulaan Pemohonan Listrik,” vol. 12, no. 2, pp. 62–68, 2020.
- [10] I. Pleša, P. V. Nožinger, S. Schlögl, C. Sumereeder, and M. Muhr, “Properties of polymer composites used in high-voltage applications,” *Polymers (Basel)*, vol. 8, no. 5, 2016, doi: 10.3390/polym8050173.
- [11] D. Fahmi, I. M. Y. Negara, A. Kusumaningrum, D. H. Santosa, A. M. A. Aging, and A. Condition, “Analysis of Contaminant Effect on Ceramic & Polymer Insulator Surface Under Artificial Environmental Condition,” pp. 161–164, 2017.
- [12] S. Bandri, “ANALISIS KEGAGALAN ISOLASI AKIBAT PARTIAL DISCHARGE PADA KABEL NA2XSEBY 20 KV BERISOLASI XLPE DAN PVC,” *J. Momentum ISSN 1693-752X*, vol. 16, no. 2, pp. 56–64, 2014.
- [13] K. V. Naidu M. S, *High Voltage Engineering*. India : McGraw Hill Education. 1995.
- [14] M. Dekker, *Fundamentals of Polymer Engineering*. New York : Plenum Press. 1997.
- [15] S. K. M. Haque *et al.*, “Application and suitability of polymeric materials as insulators in electrical equipment,” *Energies*, vol. 14, no. 10, pp. 1–29, 2021, doi: 10.3390/en14102758.
- [16] A. Nekahi and S. G. Mcmeekin, “Distribution Along a Polymeric Insulator,” pp. 612–615, 2015.
- [17] H. B. H. Sitorus *et al.*, “Pola Peluahan Parsial (Partial Discharge-PD) Pada Bahan Isolasi Epoxy Resin,” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol.*

- Elektro*, vol. 2, no. 2, 2008.
- [18] A. Syakur, H. Berahim, Tumiran, and Rochmadi, "Electrical tracking formation on silane epoxy resin under various contaminants," *Telkomnika*, vol. 11, no. 1, pp. 17–28, 2013, doi: 10.12928/telkomnika.v11i1.878.
- [19] D. Kind and H. Kärner, *High-voltage insulation technology: Textbook for electrical engineers*. 1985.
- [20] A. Arismunandar, *Teknik tenaga*. 2004.
- [21] S. S. Shunmugam, N. Vasudev, K. N. Ravi, and K. A. Venkatesh, "Influence of profile on the pollution performance of cap-and-pin insulators-an experimental study," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 32, no. 6, pp. 20–28, 2016, doi: 10.1109/MEI.2016.7656807.
- [22] H. Yang *et al.*, "Effect of profiles on ac contamination flashover performance of large-tonnage suspension disc insulators," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 21, no. 6, pp. 2476–2485, 2014, doi: 10.1109/TDEI.2014.004530.
- [23] A. Kurniawan, Muhammad Suyanto, and Mujiman, "Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Bahan Isolator Resin Epoksi dan Bahan Isolator Kaca," *Elektrikal*, vol. 4, no. 1, pp. 57–64, 2017.
- [24] R. Silvia, N. : Pemanfaatan, B. Jenis, B. Sebagai, P. Lateks, and N. P. Kimia, "Pemanfaatan Berbagai Jenis Bahan Sebagai Penggumpal Lateks," *Elkawnie J. Islam. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 74–80, 2016, [Online]. Available: www.jurnal.ar-raniry.com/index.php/elkawnie
- [25] H. S, "Asam Format," *Jurnal Kimia dan Kemasan*. p. 30, 2011. doi: 10.24817/jkk.v0i0.4935.
- [26] A. Syakur, J. Teknik, E. Fakultas, T. Universitas, E. Jarum, and E. Bidang, "Studi Pengaruh Temperatur Pada Karakteristik Partial

- Discharge Pada Bahan Resin Epoksi,” pp. 1–4, 2008.
- [27] J. A. K. Patel, N. J., Dudani, K. K., “Partial Discharge Detection-An Overview,” *J. Information, Knowl. Res. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 331–335, 2012.
- [28] Suwarno, “Partial Discharges in High Voltage Insulations,” *IEEE Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci.*, pp. 369–375, 2014, doi: 10.1109/ICEECS.2014.7045280.
- [29] Suwarno, “Partial discharges in high voltage insulations: Mechanism, patterns and diagnosis,” *Proc. 2014 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. ICEECS 2014*, no. November, pp. 369–375, 2014, doi: 10.1109/ICEECS.2014.7045280.
- [30] J. A. K. Patel, N. J., Dudani, K. K., “Partial Discharge Detection-An Overview,” *J. Information, Knowl. Res. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 331–335, 2018.
- [31] M. Tian, B. X. Du, J. G. Su, J. Li, L. W. Zhu, and A. S. Preparation, “Electrical Tree in Epoxy Resin under Combined DC-harmonic Voltage,” pp. 2–5, 2018.
- [32] Z. Nawawi *et al.*, “Fractal analysis of electrical tree grown in silicone rubber nanocomposites,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 18, no. 3, pp. 1573–1581, 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i3.13389.
- [33] S. Alapati and M. J. Thomas, “Electrical treeing and the associated PD characteristics in LDPE nanocomposites,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 19, no. 2, pp. 697–704, 2012, doi: 10.1109/TDEI.2012.6180265.
- [34] A. Syakur, “The Analysis of Partial Discharge (Pd) From Electrical Treeing in Linear Low Density Polyethylene (Lldpe) and High Density Polyethylene (Hdpe),” *Teknik*, vol. 29, no. 3, pp. 196–202,

2012, doi: 10.14710/teknik.v29i3.1965.

- [35] F. Nabilah Musa, N. Bashir, M. Hafizi Ahmad, and Z. Buntat, "Electrical treeing in high voltage insulations: A review on nanocomposite insulating materials and their processing techniques," *J. Optoelectron. Adv. Mater.*, vol. 17, no. 3–4, pp. 462–476, 2015.
- [36] A. H. M. Nasib, M. H. Ahmad, Z. Nawawi, M. A. B. Sidik, and M. I. Jambak, "Electrical treeing and partial discharge characteristics of silicone rubber filled with nitride and oxide based nanofillers," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 1682–1692, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i2.pp1682-1692.
- [37] Y. G. Wang *et al.*, "Growth characteristics of electrical trees in epoxy resin at cryogenic temperatures," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 502, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/502/1/012187.
- [38] H. Zheng, S. M. Rowland, I. Idrissu, and Z. Lv, "Electrical treeing and reverse tree growth in an epoxy resin," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 24, no. 6, pp. 3966–3973, 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006729.
- [39] B. X. Du, G. F. Zhao, Z. L. Li, and C. L. Han, "Effects of Harmonic Component on Electrical Tree in EPDM for HVDC Cable Accessories Insulation," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 28, no. 2, pp. 578–585, 2021, doi: 10.1109/TDEI.2020.009278.
- [40] K. Rudi, D. H. Andrew, R. Managam, Z. Nawawi, N. Hozumi, and M. Nagao, "The self-healing property of silicone rubber after degraded by treeing," *Proc. 2012 IEEE Int. Conf. Cond. Monit. Diagnosis, C. 2012*, no. September, pp. 254–257, 2012, doi: 10.1109/CMD.2012.6416423.
- [41] P. Maity, S. Basu, V. Parameswaran, and N. Gupta, "Degradation of polymer dielectrics with nanometric metal-oxide fillers due to surface

discharges,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 15, no. 1, pp. 52–61, 2008, doi: 10.1109/T-DEI.2008.4446736.