

SKRIPSI

**DETEKSI FORMASI PEMOHONAN LISTRIK PADA MATERIAL
ISOLASI *EPOXY RESIN* YANG TERPAPAR AMONIA (NH_3)
MENGUNAKAN TEGANGAN AC**



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

Oleh :

**DESSY RAHMA FITRI
NIM. 03041181924011**

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

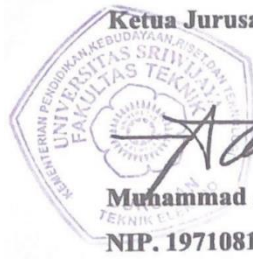
**DETEKSI FORMASI PEMOHONAN LISTRIK PADA MATERIAL
ISOLASI *EPOXY RESIN* YANG TERPAPAR AMONIA (NH_3)
MENGUNAKAN TEGANGAN AC**

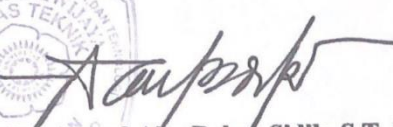
Oleh:
DESSY RAHMA FITRI
NIM. 03041181924011

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

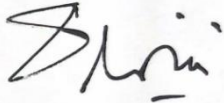
SKRIPSI

**DETEKSI FORMASI PEMOHONAN LISTRIK PADA MATERIAL
ISOLASI *EPOXY RESIN* YANG TERPAPAR AMONIA (NH₃)
MENGUNAKAN TEGANGAN AC**

Oleh:
DESSY RAHMA FITRI
NIM. 03041181924011

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

Palembang, Juli 2023
Dosen Pembimbing,



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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Dessy Rahma Fitri
Nomor Induk Mahasiswa : 03041181924011
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase Plagiarisme (*Turnitin*) : 9%

Menyatakan bahwa karya ilmiah berupa skripsi yang memiliki judul “Deteksi Formasi Pemohonan Listrik Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* yang Terpapar Amonia (NH_3) Menggunakan Tegangan AC”, merupakan karya penulis sendiri dan benar keasliannya.

Apabila dikemudian hari, karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat dari karya ilmiah milik orang lain, maka penulis akan bertanggung jawab dan bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa adanya paksaan.

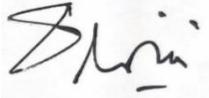
Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan



Dessy Rahma Fitri
NIM. 03041181924011

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

Tanda Tangan :  _____

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

Tanggal : _____

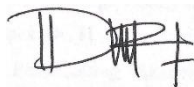
KATA PENGANTAR

Puji dan rasa syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Deteksi Formasi Pemohonan Listrik Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* yang Terpapar Amonia (NH_3) Menggunakan Tegangan AC”.

Penulisan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan akademik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, dimana dalam proses penulisan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak harapan, do’a, dukungan serta bantuan dari keluarga, bapak/ibu dosen, dan teman-teman. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih untuk do’a, dukungan serta bantuan yang telah diberikan dan semoga akan menjadi amal serta dilancarkan semua urusannya.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat membantu dan memberikan manfaat untuk pengembangan ilmu pendidikan terkait bidang teknik elektro. Penulis sangat menerima masukan serta saran dari pembaca agar karya ilmiah ini dapat terus berkembang.

Palembang, Juli 2023



Dessy Rahma Fitri
NIM. 03041181924011

HALAMAN PERSEMBAHAN

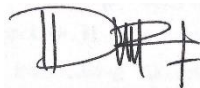
Karya ilmiah berupa skripsi ini, penulis persembahkan sebagai penghargaan, rasa hormat dan terima kasih kepada:

- ✓ Allah SWT yang telah memperlihatkan langit (awan, matahari, bulan dan bintang) serta hujan yang begitu indah disetiap perjalanan yang ditempuh.
- ✓ Diri sendiri yang telah berjuang hingga sampai ditahap ini, Ayah dan Ibu tercinta Abdul Macik dan Damawar, Saudari Hafifah Saputri, Saudara Muhammad Ikhwan Pratama, serta Keluarga Besar Yulinar yang senantiasa mendo'akan, memberikan dukungan serta bantuan yang tidak pernah putus demi kelancaran pendidikan dan penulisan tugas akhir ini. Terima kasih telah menjadi rumah yang tidak hanya berupa tanah dan bangunan.
- ✓ Dosen pembimbing, Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T.
- ✓ Dosen penguji yaitu Bapak Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, P.hD., IPU., Bapak Dr. Djulil Amri, S.T., M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.
- ✓ Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, M.Sc.E., IPU., MKU., ASEAN.Eng. selaku Rektor Universitas Sriwijaya dan Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik.
- ✓ Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., P.hD., IPU. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak Dr. H. Iwan Pahendra Anto Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik, serta Bapak/Ibu Dosen dan Staff Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

- ✓ Bapak Lukmanul Hakim, S.T., Ibu Dr. Syarifa Fitria, S.T., Kak Ferlian Seftianto, S.T., Kak Intan Dwi Putri, S.T., dan Kak Cepy Oliver Anarki, S.T. yang telah membantu penelitian tugas akhir ini.
- ✓ Sahabat-sahabat yang selalu mewarnai hari dan senantiasa membantu serta mendengarkan kesulitan saya yaitu Miranti, Tasya, Izza, Alya, dan Annisa.
- ✓ Salah satu alasan untuk mendapatkan gelar sarjana yaitu kucing saya (Cia) yang sudah menemani sejak semester 1 dan anak-anaknya yang lucu.
- ✓ Semua anggota Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik 2019 yaitu Kiki, Nadia, Disha, Fadil, Sandy, Dani, Azmi, Tio, Dicky, Bintang, Yogi, Fathan, Iqbal, dan Govin serta Alumni Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik.
- ✓ Pihak-pihak yang sangat membantu selama penelitian tugas akhir ini yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Penulis do'akan kepada Allah SWT agar diberikan pahala dan dibalas atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, Juli 2023



Dessy Rahma Fitri
NIM. 03041181924011

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Dessy Rahma Fitri
NIM : 03041181924011
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 “Deteksi Formasi Pemohonan Listrik Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* yang Terpapar Amonia (NH_3) Menggunakan Tegangan AC” 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



Dessy Rahma Fitri
NIM. 03041181924011

ABSTRAK

DETEKSI FORMASI PEMOHONAN LISTRIK PADA MATERIAL ISOLASI *EPOXY RESIN* YANG TERPAPAR AMONIA (NH_3) MENGGUNAKAN TEGANGAN AC

(Dessy Rahma Fitri, 03041181924011, 2023, xxiii + 52 halaman + lampiran)

Penelitian ini melaporkan formasi pemohonan listrik yang terjadi di dalam material isolasi *epoxy resin* dengan ketebalan 1 mm. Sistem elektroda menyerupai *leaf-like sample specimen* dengan jarak sela antara ujung elektroda jarum dan *aluminium tape* sebesar 1 mm. Sampel diberi polutan berupa amonia (NH_3) sebesar 1% dengan variasi waktu pengkondisian masing-masing 12; 24; 48; dan 96 jam serta sampel tanpa pengkondisian sebagai kontrol. Pengukuran menggunakan tegangan bolak-balik (AC) yang dinaikan sebesar 0,2; 0,4 dan 0,6 kV setelah terjadinya TIV dengan frekuensi kerja 50 Hz. Pengambilan data berupa tegangan awal pemohonan, tipe pemohonan listrik, panjang pemohonan listrik, dan akumulasi peluahan. Pada sampel yang diberi pengkondisian NH_3 didapatkan nilai tegangan awal pemohonan terendah sebesar 4,850 kV. Pada sampel yang diberi pengkondisian NH_3 , tipe pemohonan listrik yang muncul dimungkinkan menghasilkan *bush-branch type* dibandingkan dengan sampel tanpa pengkondisian. Nilai panjang pemohonan listrik dan akumulasi peluahan meningkat seiring dengan variasi waktu pengkondisian terlama.

Kata kunci : Pemohonan listrik, *Epoxy resin*, Amonia (NH_3), Tegangan AC

ABSTRACT

DETECTION OF ELECTRICAL TREEING FORMATION IN EPOXY RESIN INSULATION MATERIAL EXPOSED TO AMMONIA (NH₃) USING AC VOLTAGE

(Dessy Rahma Fitri, 03041181924011, 2023, xxii + 52 pages + attachments)

This study reported the formation of electrical treeing that occur on the epoxy resin insulating material with a thickness of 1 mm. The electrode system resembles a leaf-like sample specimen with a gap between the tip of needle electrode and aluminum tape of 1 mm. The samples were given 1% of the pollutant in the form of ammonia (NH₃) with a variation of the conditioning time 12; 24; 48; and 96 hours as well as the unconditioned sample as a control. Measurements use alternating voltage (AC) which is increased to 0.2; 0.4 and 0.6 kV after TIV occurs with a working frequency of 50 Hz. The measurement obtained TIV, tree shape, tree length as well as accumulated discharge. For the samples which were polluted with NH₃, the lowest TIV obtained were 4,850 kV. For the tree shape, the samples polluted with NH₃ result a bush-branch shaped tree. The results showed that tree length and accumulated discharge increased as the increasing of condition time.

Keywords : Electrical treeing, *Epoxy resin*, Amonia (NH₃), AC voltage

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	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 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Isolasi.....	6
2.2 Isolasi Polimer.....	6
2.3 <i>Epoxy Resin</i>	7

2.4 Penuaan (<i>Aging</i>) Isolasi	8
2.5 Amonia (NH ₃)	9
2.6 Kekuatan Dielektrik	9
2.7 Pemohonan Listrik (<i>Electrical Treeing</i>)	10
2.8 Mekanisme Kegagalan Pada Isolasi Padat	12
2.9 <i>Leaf-Like Sample Specimen</i>	16
2.10 Riset-Riset Sebelumnya	17
BAB II METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Pendahuluan	22
3.2 Metode Penelitian	23
3.2.1 Tinjauan Pustaka	23
3.2.2 Eksperimen	23
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
3.4 Material dan Peralatan yang digunakan	25
3.4.1 Material yang digunakan	25
3.4.2 Peralatan yang digunakan	29
3.5 Sistem Elektroda	34
3.6 Prosedur Pembuatan Sampel Uji	34
3.6.1 Proses Pencetakan	35
3.7 Pengkondisian Sampel	36
3.8 <i>Experimental Set-Up</i>	36
3.8.1 Rangkaian Pengujian	36
3.9 Prosedur Pengujian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Umum	41
4.2 Data Hasil Penelitian	41
4.2.1 Tegangan Awal Pemohonan Listrik (TAP)	41
4.2.2 Tipe Pemohonan Listrik (<i>Tree Shape</i>)	43

4.2.3 Panjang Pemohonan Listrik (<i>Tree Length</i>).....	45
4.2.4 Akumulasi Peluahan (<i>Accumulated Discharge</i>)	46
4.3 Pembahasan.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kimia <i>epoxy resin</i>	8
Gambar 2.2 Tipe pemohonan listrik (<i>electrical treeing</i>)	11
Gambar 2.3 Distribusi medan listrik pada elektroda jarum.....	11
Gambar 2.4 Mekanisme kegagalan pada isolasi padat.....	12
Gambar 2.5 Kegagalan streamer elektroda jarum-bidang	14
Gambar 2.6 <i>Leaf-like sample specimen</i>	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.2 <i>Epoxy resin (Bisphenol A-Epichlorohydrin)</i> dan <i>hardener</i> EPH 555 (<i>Cycloaliphatic Amine</i>)	26
Gambar 3.3 <i>Ammonium hydroxide</i>	26
Gambar 3.4 <i>Aluminium tape</i> daimaru.....	27
Gambar 3.5 <i>Suzhou huanqiu acupuncture medical appliance Co., Ltd.</i>	27
Gambar 3.6 <i>Conductive silver paint</i>	28
Gambar 3.7 <i>Cover glass</i> sail brand	28
Gambar 3.8 Pembangkit tegangan tinggi bolak-balik.....	29
Gambar 3.9 Neraca digital	30
Gambar 3.10 <i>HV probe</i> tipe tektronix P6015A.....	30
Gambar 3.11 Kamera CCD.....	31
Gambar 3.12 Mikroskop.....	31
Gambar 3.13 <i>Picoscope</i> tipe 4000 series	32
Gambar 3.14 <i>Pearson current</i> tipe 411	32
Gambar 3.15 Bejana pengujian.....	33
Gambar 3.16 Minyak diala B.....	33
Gambar 3.17 <i>Leaf-like sample specimen</i>	34
Gambar 3.18 Tahapan pembuatan sampel uji.....	35

Gambar 3.19 Kotak pengkondisian	36
Gambar 3.20 Rangkaian Pengujian	38
Gambar 4.1 Tahapan terjadinya tegangan awal pemohonan (treeing inception voltage)	42
Gambar 4.2 Grafik tegangan awal pemohonan listrik dengan variasi waktu pengkondisian NH ₃	42
Gambar 4.3 Grafik probabilitas tipe pemohonan listrik dengan variasi waktu pengkondisian NH ₃	44
Gambar 4.4 Grafik panjang pemohonan listrik dengan variasi waktu pengkondisian NH ₃ terhadap tegangan aplikasi.....	45
Gambar 4.5 Pemohonan listrik tanpa pengkondisian dan pengkondisian selama 96 jam	46
Gambar 4.6 Grafik akumulasi peluahan dengan variasi waktu pengkondisian NH ₃ terhadap tegangan aplikasi.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan 17

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	11
Persamaan 2.2	13
Persamaan 2.3	13
Persamaan 2.4	13
Persamaan 2.5	14
Persamaan 2.6	15
Persamaan 2.7	15
Persamaan 2.8	15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Sampel dan Pengkondisian Sampel

Lampiran 2 Data Pengujian Tegangan Awal Pemohonan (*Treeing Inception Voltage*)

Lampiran 3 Data Panjang Pemohonan Listrik Terhadap Tegangan Aplikasi

Lampiran 4 Data Akumulasi Peluahan Terhadap Tegangan Aplikasi

Lampiran 5 Nilai Tegangan Awal Pemohonan Listrik

Lampiran 6 Panjang Pemohonan Listrik dan Akumulasi Peluahan Terhadap Tegangan Aplikasi

Lampiran 7 Plagiarisme *Turnitin*

NOMENKLATUR

V	: Tegangan yang diaplikasikan
r	: Jari-jari ujung jarum
d	: Jarak antar elektroda
ϵ_r	: Permittivitas relatif dari dielektrik padat
f	: Frekuensi tegangan yang diaplikasikan
Y	: Modulus young
σ	: Konduktivitas DC
δ	: <i>Loss angle</i> material isolasi
E	: Nilai RMS
C_v	: Panas spesifik dari material isolasi
T	: Suhu dari material isolasi
K	: Konduktivitas termal dari material isolasi
t	: Waktu yang dibutuhkan untuk kehilangan panas

DAFTAR ISTILAH

<i>Accumulated Discharge</i>	: Akumulasi peluahan
<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Breakdown</i>	: Tegangan tembus
<i>Bush Type Tree</i>	: Pemohonan tipe semak
<i>Branch Type Tree</i>	: Pemohonan tipe cabang
<i>Bush-Branch Type Tree</i>	: Pemohonan tipe semak-cabang
<i>Complete Breakdown</i>	: Tembus sempurna
<i>Cracks</i>	: Retakan
<i>Defect</i>	: Cacat
<i>Erosion</i>	: Erosi
<i>Electrical Treeing</i>	: Pemohonan listrik
<i>Electrochemical Deterioration</i>	: Kerusakan elektrokimia
<i>Epoxy Resin</i>	: Resin epoksi
<i>Fertilizer Industry</i>	: Industri pupuk
<i>Flashover</i>	: Lompatan api
<i>Grounding</i>	: Pentanahan
<i>Imperfections</i>	: Ketidaksempurnaan
<i>Interface</i>	: Antarmuka
<i>Leakage Current</i>	: Arus bocor
<i>Partial Discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Pra-breakdown</i>	: Sebelum peluahan

<i>Short Circuit</i>	: Hubung singkat
<i>Short Rise Time</i>	: Waktu kenaikan singkat
<i>Sparkover</i>	: Percikan api
<i>Tracking</i>	: Pelacakan
<i>Tree Length</i>	: Panjang pemohonan listrik
<i>Tree Shape</i>	: Bentuk pemohonan listrik
<i>Treeing Inception Voltage</i>	: Tegangan awal pemohonan listrik
<i>Voids</i>	: Rongga

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolator merupakan material yang sangat penting pada aplikasi tegangan tinggi [1][2]. Isolasi listrik yang baik harus memenuhi kriteria diantaranya kinerja yang stabil, tahan terhadap cuaca dan kondisi lingkungan sekitar sehingga tidak terjadi kebocoran arus (*leakage current*), lompatan api (*flashover*), maupun percikan api (*sparkover*) yang mengakibatkan terganggunya distribusi listrik menuju konsumen [3]. Material isolasi yang banyak digunakan pada saluran transmisi adalah isolasi polimer yang memiliki berat molekul yang sangat tinggi serta terdiri dari dua atau lebih senyawa polimer terikat bersama oleh ikatan kovalen [4].

Epoxy resin merupakan salah satu jenis isolasi polimer yang memiliki ketahanan arus yang tinggi. Namun karena penggunaannya yang berlangsung lama dan terus-menerus, isolasi juga dipengaruhi oleh sinar ultraviolet serta polutan yang terpapar pada isolasi *epoxy resin* [4]. Penggunaan kabel tenaga berisolasi polimer dikawasan yang mengandung polusi industri seperti industri *fertilizer* yang menghasilkan amonia (NH_3), diduga dapat menyebabkan penuaan kimia pada material isolasi yang berpengaruh terhadap kinerja isolasi sebagai bagian utama dari sistem kelistrikan.

Berdasarkan penelitian Irawan, H. *et al*, [5] material isolasi yang terpapar amonia berdasarkan studi sejenis yang dilakukan sebelumnya akan mempercepat proses penuaan material isolasi. Pada isolasi yang mengalami penuaan dapat mengakibatkan terjadinya pemohonan listrik (*electrical treeing*) dan atau peluahan sebagian (*partial discharge*) pada tegangan yang

lebih rendah dibandingkan dengan material yang tergolong baru atau belum mengalami penuaan. Peluahan sebagian dapat menyebabkan kerusakan total pada material isolasi yang mengalami stress atau tekanan listrik yang tinggi melalui mekanisme jangka panjang, khususnya menggunakan sumber tegangan bolak-balik. Formasi dari peluahan sebagian dapat menyebabkan *erosion, tracking, electrical treeing* dan *electrochemical deterioration* [6]. Formasi pemohonan listrik adalah peristiwa *pra-breakdown* dikarenakan penggunaan tegangan listrik secara terus-menerus serta dipicu oleh aktivitas peluahan sebagian pada sistem isolasi sehingga menyebabkan terbentuknya jalur konduktif menuju kerusakan isolasi [7].

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh amonia terhadap pemohonan listrik pada material isolasi *epoxy resin* dengan sistem elektroda *leaf-like sample specimen*. Penggunaan sistem elektroda *leaf-like sample specimen* memperlihatkan hasil yang signifikan dari formasi pemohonan listrik yang terbentuk.

1.2 Perumusan Masalah

Formasi pemohonan listrik (*Electrical Treeing*) yang terjadi di dalam isolasi padat menjadi salah satu penyebab terjadinya degradasi isolasi. Penggunaan kabel tenaga berisolasi polimer dikawasan industri *fertilizer* yang menghasilkan amonia diduga berpengaruh terhadap kinerja isolasi sebagai bagian utama dari sistem kelistrikan. Pengaruh amonia melalui proses absorpsi dari material *epoxy resin* diduga dapat mempercepat proses penuaan yang mempengaruhi usia pakai isolasi.

Material isolasi polimer banyak digunakan untuk lapisan konduktor atau semikonduktor pada kabel jaringan distribusi dan saluran transmisi, isolasi *resin epoxy* merupakan material isolasi yang penting di bidang ketenagalistrikan. Cacat produksi dapat timbul dalam bentuk berupa *void*,

impurity, dan cacat permukaan antara lapisan semikonduktor dan material isolasi polimer. Stress listrik dapat berpusat pada cacat permukaan ini sehingga formasi pemohonan listrik dapat tumbuh dan terjadi penuaan isolasi polimer.

Penelitian Irawan, H. *et al*, [5] menjelaskan bahwa terjadi peningkatan arus bocor pada isolasi *silicone rubber* yang terpapar polutan amonia. Berdasarkan penelitian diatas, perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai formasi pemohonan listrik pada material isolasi *epoxy resin* yang terpapar polutan amonia.

Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai berapa besar pengaruh amonia sebagai polutan. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran besar tegangan awal peluahan pemohonan listrik untuk melihat pengaruh paparan amonia menggunakan variasi waktu pengkondisian yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengamati pengaruh lama waktu pengkondisian amonia (NH_3) terhadap nilai tegangan awal pemohonan listrik (*treeing inception voltage*).
2. Mengamati pengaruh tegangan pada material isolasi *epoxy resin* terhadap formasi pemohonan listrik.
3. Mengukur nilai tegangan awal pemohonan listrik (*treeing inception voltage*) pada isolasi *epoxy resin* yang terpapar polutan amonia (NH_3).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa isolasi polimer jenis *epoxy resin* dengan ketebalan 1 mm.
2. Jarak sela antara ujung elektroda jarum dan elektroda datar dengan *aluminium tape* sebesar 1 mm, sistem elektroda menyerupai *leaf-like sample specimen*.
3. Sampel diberi polutan berupa amonia (NH_3) dengan variasi waktu pengkondisian masing-masing 12; 24; 48; 96 jam.
4. Pengukuran menggunakan tegangan bolak-balik (AC) yang dinaikan sebesar 0,2; 0,4; dan 0,6 kV setelah terjadinya awal pemohonan listrik (*treeing inception voltage*) dengan frekuensi kerja 50 Hz.
5. Pengukuran tegangan awal pemohonan listrik (*treeing inception voltage*) dilakukan sebelum terjadinya tembus sempurna (*complete breakdown*).

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai isolasi, isolasi polimer, *epoxy resin*, penuaan (*aging*) isolasi, amonia (NH_3), kekuatan dielektrik, pemohonan listrik (*electrical treeing*),

mekanisme kegagalan pada isolasi padat, *leaf-like sample specimen*, dan riset-riset sebelumnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai pendahuluan, metode penelitian, diagram alir penelitian, material dan peralatan yang digunakan, sistem elektroda, prosedur pembuatan sampel uji, pengkondisian sampel, *experimental setup*, prosedur pengujian, dan jadwal penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai data hasil pengukuran dari tegangan awal pemohonan listrik (*treeing inception voltage*), tipe pemohonan listrik (*tree shape*), panjang pemohonan listrik (*tree length*), dan akumulasi peluahan (*accumulated discharge*) yang telah diukur dan dimasukkan ke tabel hasil penelitian, lalu diolah dan disajikan dalam bentuk grafik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran yang diperlukan terkait penulisan tugas akhir untuk penelitian yang dapat dikembangkan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Hammarstrom, and S. M. Gubanski, 'Detection of Electrical Tree Formation in XLPE Insulation through Applying Disturbed DC Waveforms', *IEEE Trans on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 28, no. 5, 2021.
- [2] Suwarno and R. P. Hutahaean, '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.
- [3] Y. Wang, Y. Li, Z. Zhang, H. Zhao, and Y. Zhang, 'Repair Performance of Self-Healing Microcapsule/Epoxy Resin Insulating Composite To Physical Damage', *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 19, 2019, doi: 10.3390/app9194098.
- [4] R. Arora, Ravindra and W. Mosch, *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*. Canada, 2011.
- [5] H. Irawan, *Arus Bocor Pada Isolasi Silicone Rubber Dengan Kontaminan Pengotor Ammonia*. 2022.
- [6] D. Kind and H. Kärner, 'High-voltage insulation technology: Textbook for electrical engineers'. p. 190, 1985.
- [7] 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.
- [8] D. H. Sitompul, 'Ketahanan Isolasi Kawat Poly Vinil Formaldehid (PVF)', vol. 8, no. 21, pp. 55–61, 2019.
- [9] R. G. Pandian and P. Subburaj, 'Leakage Current and Flash Over

- Performance Analysis of 11 kV Pin Insulator Under Bird Excretion Pollution’, *2016 Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2016*, pp. 311–314, 2016, doi: 10.1109/ICEETS.2016.7583771.
- [10] A. Hedir, A. Bechouche, M. Moudoud, M. Teguar, O. Lamrous, and S. Rondot, ‘Experimental and Predicted XLPE Cable Insulation Properties Under UV Radiation’, *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 28, no. 3, pp. 1763–1775, 2020, doi: 10.3906/elk-1910-58.
- [11] S. K. M. Haque *et al.*, ‘Application and Suitability of Polymeric Materials as Insulators in Electrical Equipment’, *Energies*, vol. 14, no. 10, 2021, doi: 10.3390/en14102758.
- [12] R. Darmawan, *Pengaruh Homogenitas Medan Listrik Terhadap Karakteristik Partial Discharge Pada Isolasi Polivinyl Chloride (PVC)*. 2018.
- [13] 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, [Online]. Available: <http://jurnal.ee.unila.ac.id/>
- [14] A. Syakur, I. N. A. Tumiran, and H. Berahim, and Rochmadi, ‘Penambahan Karet Silikon Terhadap Sudut Kontak Hidropobik dan Karakteristik Arus Bocor Permukaan Pada Bahan Resin Epoksi’, *J. Teknologi Elektrikal*, vol. 4, no. 1, pp. 57-64, 2017.
- [15] A. Kurniawan, M. Suyanto, and Mujiman, ‘Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Bahan Isolator Resin Epoksi dan Bahan Isolator Kaca’, *Elektrikal*, vol. 4, no. 1, pp. 57–64, 2017.
- [16] M. Nopi, *Studi Eksperimental Pendingin Adsorpsi Amonia - CaCl₂ Energi Surya Menggunakan Perbandingan Amonia - CaCl₂ 0,6*. 2012.
- [17] S. A. Akbar, ‘Sensor Gas Amonia Berbasis Polimer Konduktif

- Polianilina : Sebuah Review’, *J. Kim. sains dan Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2021.
- [18] N. Roney, F. Lladós, S.S. Little, and D. B. Knaebel, ‘Toxicological Profile for Ammonia’, *Fed. Regist.*, no. September, pp. 1–269, 2004, [Online]. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.pdf>
- [19] Z. Wang *et al.*, ‘Simultaneously Enhanced Dielectric Properties and Through-Plane Thermal Conductivity of Epoxy Composites with Alumina and Boron Nitride Nanosheets’, *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-81925-x.
- [20] R. Kurnianto, Y. Murakami, N. Hozumi, and M. Nagao, ‘Characterization of Tree Growth in Filled Epoxy Resin: The Effect of Filler and Moisture Contents’, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 14, no. 2, pp. 427–435, 2007, doi: 10.1109/TDEI.2007.344623.
- [21] R. Kurnianto, Y. Murakami, and M. Nagao, ‘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.
- [22] M. Tian, B. X. Du, J. G. Su, J. Li, L. W. Zhu, and Y. Yu, ‘Electrical Tree in Epoxy Resin under Combined DC-harmonic Voltage’, *2018 Cond. Monit. Diagnosis, C. 2018 - Proc.*, pp. 2–5, 2018, doi: 10.1109/CMD.2018.8535904.
- [23] A. A. A. Jamil, M. H. B. Ahmad, M. Kamarol, M. Mariatti, and M. A. M. Piah, ‘Short-Term Breakdown in Silicone Rubber Based Nanocomposites Caused by Electrical Treeing’, *Adv. Mater. Res.*, vol. 845, no. January 2015, pp. 482–486, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.845.482.

- [24] R. F. Kurnia, 'Investigasi Karakter Partial Discharge Pada Material Isolasi Tegangan Tinggi Melalui Pengukuran Tegangan Awal Partial Discharge', *J. Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2015.
- [25] M. S. Naidu, and V. Kamaraju, *High-voltage engineering*, 2013. doi: 10.1016/s0016-0032(13)90044-2.
- [26] 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.
- [27] Hermawan, and A. Syakur, 'The Analysis of Partial Discharge (PD) From Electrical Treeing in Linear Low Density Polyethylene (LLDP) and High Density Polyethylene (HDPE)', *Teknik*, vol. 29, no. 3, pp. 196–202, 2008.
- [28] N. Hozumi, T. Okamoto, and H. Fukagawa, 'TEM Observation of Electrical Tree Paths and Micro-Structures in Polyethylene', *Conference Record of IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, vol. 1988. pp. 331–334, 1988. doi: 10.1109/elinsl.1988.13934.
- [29] F. N. Musa, N. Bashir, M. H. 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.
- [30] M. A. Fard, M. E. Farrag, A. Reid, and F. Al-Naemi, 'Electrical Treeing in Power Cable Insulation Under Harmonics Superimposed on Unfiltered HVDC Voltages', *Energies*, vol. 12, no. 16, 2019, doi: 10.3390/en12163113.
- [31] A. H. M. Nasib *et al.*, 'Silicone Rubber Nanocomposites Filled with Silicone Nitride and Silicone Dioxide Nanofillers: Comparison of

- Electrical Treeing and Partial Discharge Characteristics’, 2018 *IEEE 7th Int. Conf. Power Energy, PECon 2018*, pp. 293–297, 2018, doi: 10.1109/PECON.2018.8684054.
- [32] 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, pp. 0–5, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/502/1/012187.
- [33] 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.
- [34] Y. Liu and X. Cao, ‘Electrical Tree Growth Characteristics in XLPE Cable Insulation under DC Voltage Conditions’, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 22, no. 6, pp. 3676–3684, 2015, doi: 10.1109/TDEI.2015.005222.
- [35] 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.
- [36] L. A. Dissado and C. Fothergill, *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers Electrical Degradation and Breakdown in Polymers*. 1962.