

# SKRIPSI

## PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA CAMPURAN ISOLASI *EPOXY RESIN* + $\text{SiO}_2$ MENGUNAKAN MODEL *LEAF-LIKE SAMPLE*



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

Oleh :

ABIYYU HAMMAN  
03041281722035

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA  
CAMPURAN ISOLASI *EPOXY RESIN* +  $\text{SiO}_2$   
MENGUNAKAN MODEL *LEAF-LIKE SAMPLE*

Oleh :

ABIYU HAMMAN

NIM 03041281722035

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, September 2021

Ketua Jurusan Teknik Elektro,



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

NIP. 197108141999031005

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA  
CAMPURAN ISOLASI *EPOXY RESIN* + SiO<sub>2</sub>  
MENGUNAKAN MODEL *LEAF-LIKE SAMPLE***

**Oleh :**

**ABIYYU HAMMAN**

**NIM 03041281722035**

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

**Palembang, September 2021**

**Dosen Pembimbing,**



**Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.**

**NIP. 198705312008122002**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Abiyyu Hamman  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281722035  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya  
Persentase Plagiarisme (Turnitin) : 11%

Menyatakan bahwa skripsi “Peluhan Awal Pemohonan Listrik pada Campuran Isolasi *Epoxy Resin* + SiO<sub>2</sub> Menggunakan Model *Leaf-Like Sample*” merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila saya terbukti melakukan plagiat terhadap karya ilmiah orang lain, maka saya bertanggungjawab dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, September 2021

Yang Menyatakan,



The image shows a 1000 Rupiah Indonesian postage stamp. The stamp features the Garuda emblem, the text 'REPUBLIK INDONESIA', '1000', and 'METERAN TEMBEL'. A handwritten signature, 'Abiyyu Hamman', is written across the stamp. The stamp number 'D2FB6AJX331608226' is visible at the bottom.

Abiyyu Hamman

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



Tanda Tangan : \_\_\_\_\_

Pembimbing : Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.

Tanggal : \_\_\_\_\_/September/2021

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, dan juga shalawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Peluhan Awal Pemohonan Listrik pada Campuran Isolasi *Epoxy Resin + SiO<sub>2</sub>* Menggunakan Model *Leaf-Like Sample*”.

Skripsi ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut andil membantu dalam proses pembuatan karya ilmiah ini.

Penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar karya ini dapat dikembangkan kembali. Semoga skripsi ini bermanfaat dan membantu dalam bidang akademik khususnya bidang teknik elektro.

Palembang, September 2021



Penulis,  
Abiyyu Hamman

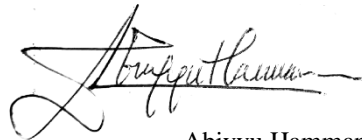
## HALAMAN PERSEMBAHAN

Rasa terima kasih dan hormat penulis berikan kepada :

- ✓ Bapak Kus Edi Nandar, Ibu Elli, Kakak Muhammad Veldy Oktafian, dan keluarga besar yang memberikan dukungan dan doa yang senantiasa dipanjatkan;
- ✓ 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 penulis;
- ✓ Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku ketua jurusan dan pembimbing akademik, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- ✓ Rektor Universitas Sriwijaya Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE dan Dekan Fakultas Teknik Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.;
- ✓ Bapak Lukmanul Hakim, S.T., Ibu Dr. Syarifa Fitria, S.T., Kak Intan Dwi Putri, S.T., dan Kak Ferlian Seftianto, S.T. yang telah membantu penelitian penulis;
- ✓ Semua anggota Laboratorium *Electrical Energy and Safety* yang terlibat dalam penelitian Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik (TTTPL);
- ✓ Admin dan akademik jurusan teknik elektro;
- ✓ Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

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

Palembang, September 2021



Abiyyu Hamman

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abiyyu Hamman

NIM : 03041281722035

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 Royalti- Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “Peluhan Awal Pemohonan Listrik pada Campuran Isolasi *Epoxy Resin* + SiO<sub>2</sub> Menggunakan Model *Leaf-Like Sample*” 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 : September 2021

Yang menyatakan,



Abiyyu Hamman



## ABSTRAK

### PELUAHAN AWAL PEMOHONAN LISTRIK PADA CAMPURAN ISOLASI EPOXY RESIN + SiO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN MODEL *LEAF-LIKE SAMPLE*

(Abiyu Hamman, 03041281722035, 2021, xix + 32 halaman + lampiran)

Penelitian ini membahas peristiwa pemohonan listrik yang terjadi pada campuran isolasi *epoxy resin* + SiO<sub>2</sub> tebal 1 mm dengan variasi sampel EP murni, EP + 1 wt% SiO<sub>2</sub>, dan EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> menggunakan model sistem elektroda *leaf-like sample* dengan *gap* 1 mm. Semua sampel diuji dengan menggunakan sumber AC 50 Hz. Beberapa parameter seperti tegangan awal pohon, bentuk pemohonan, panjang pemohonan, dan akumulasi kerusakan dipelajari. Tegangan dinaikkan sebesar 1 kV, 2 kV, dan 3 kV setelah pemohonan berinisiasi untuk mengamati pengaruhnya terhadap pertumbuhan pemohonan listrik. Nilai tegangan awal tertinggi terdapat pada variasi EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> sebesar 5,16 kV. Variasi sampel berpangsi memungkinkan pemohonan menghasilkan bentuk *bush type* dibandingkan dengan sampel murni yang hanya menghasilkan bentuk *branch type*. Nilai panjang pemohonan terendah dihasilkan oleh variasi EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> dengan penambahan tegangan +1 kV, +2 kV, dan +3 kV secara berturut-turut yaitu 90,37  $\mu$ m, 171,65  $\mu$ m, dan 244,13  $\mu$ m. Dan nilai akumulasi kerusakan terendah pada penambahan tegangan +1 kV dihasilkan oleh variasi EP + 1 wt% sebesar  $2,20 \times 10^3$  piksel, lalu nilai akumulasi kerusakan terendah untuk penambahan tegangan +2 kV dan 3 kV dihasilkan oleh variasi EP + 3 wt% secara berturut-turut yaitu  $4,70 \times 10^3$  piksel dan  $6,93 \times 10^3$  piksel.

**Kata kunci :** Pemohonan listrik, *Epoxy resin*, SiO<sub>2</sub>, *Leaf-like sample*



Mohammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU  
NIP. 197108111999031805

Palembang, September 2021

Menyerujul,  
Pembimbing Utama

Rizda Fitri Kurnia, S.T., M. Eng.  
NIP. 198705312008122002

## ABSTRACT

### INITIAL DISCHARGE OF ELECTRICAL TREEING IN EPOXY RESIN + SiO<sub>2</sub> INSULATION MIXTURE USING LEAF-LIKE SAMPLE MODEL

(Abiyu Hamman, 03041281722035, 2021, xix + 32 pages + attachments)

This study discusses the electrical treeing phenomenon that occurs in 1 mm thick epoxy resin + SiO<sub>2</sub> mixed insulation with neat EP, EP + 1 wt% SiO<sub>2</sub>, and EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> variations by using leaf-like sample model electrode system with 1 mm gap. All specimens were subjected under AC voltage 50 Hz. Some parameters such as tree inception voltage, tree shape, tree length, and accumulation damage are studied. The voltage will be increased to 1 kV, 2 kV, and 3 kV right after tree initiated to observe its influence to electrical tree growth. The highest value of inception voltage is found in EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> specimen that equals to 5,16 kV. Filled specimens are more likely to form bush type tree, compared to pure epoxy resin specimens that only formed branch type tree. The lowest value of tree length is found in EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> specimen with +1 kV, +2 kV, and +3 kV addition voltage consecutively equal to 90,37  $\mu$ m, 171,65  $\mu$ m, and 244,13  $\mu$ m. And the lowest value of accumulated damage for +1 kV addition voltage is found in EP + 1 wt% SiO<sub>2</sub> specimen that equals to  $2,20 \times 10^3$  pixels, while the lowest value of accumulated damage for +2 kV and +3 kV addition voltage are found in EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub> consecutively equal to  $4,70 \times 10^3$  pixels and  $6,93 \times 10^3$  pixels.

**Keywords :** Electrical treeing, Epoxy resin, SiO<sub>2</sub>, Leaf-like sample



Palembang, September 2021

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Rizda Fitri Kurnia, S.T., M. Eng.  
NIP. 198705312008122002

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>NOMENKLATUR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Ruang Lingkup .....	2
1.5    Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>

2.1 Isolasi .....	5
2.2 Isolasi Polimer .....	5
2.2.1 Polimer Termoplastik .....	6
2.2.2 Polimer Termoset .....	7
2.3 <i>Epoxy Resin</i> .....	7
2.4 Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) .....	8
2.5 Pemohonan Listrik ( <i>Electrical Treeing</i> ) .....	8
2.6 <i>Leaf-like Sample</i> .....	9
2.7 Riset-Riset Sebelumnya .....	9
<b>BAB III .....</b>	<b>12</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Umum .....	12
3.2 Metode Penelitian .....	12
3.2.1 Tinjauan Pustaka .....	12
3.2.2 Eksperimen .....	12
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	13
3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan .....	14
3.4.1 Material Isolasi Sampel Uji .....	14
3.4.2 Sistem Elektroda .....	15
3.4.3 Peralatan .....	16
3.5 Prosedur Pembuatan Sampel Uji .....	20
3.6 <i>Experimental Setup</i> .....	21
3.7 Prosedur Pengujian .....	22
<b>BAB IV .....</b>	<b>24</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB V .....</b>	<b>32</b>

<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>32</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>36</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....	13
<b>Gambar 3.2</b> <i>Epoxy resin</i> dan <i>hardener</i> .....	14
<b>Gambar 3.3</b> Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).....	15
<b>Gambar 3.4</b> Konfigurasi elektroda <i>leaf-like sample</i> .....	15
<b>Gambar 3.5</b> Sampel uji tampak atas dan tampak samping .....	16
<b>Gambar 3.6</b> Neraca analitik digital.....	16
<b>Gambar 3.7</b> <i>Vacuum drying oven</i> dan <i>vacuum pump</i> .....	17
<b>Gambar 3.8</b> Transformator tegangan tinggi .....	17
<b>Gambar 3.9</b> Resistor .....	18
<b>Gambar 3.10</b> <i>HV Probe Tektronix P6015A</i> .....	18
<b>Gambar 3.11</b> <i>Pearson Current</i> .....	19
<b>Gambar 3.12</b> <i>Picoscope 4000 Series</i> .....	19
<b>Gambar 3.13</b> Mikroskop dan kamera CCD.....	20
<b>Gambar 3.14</b> Rangkaian pengujian .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Mekanisme terjadinya tegangan awal pemohonan .....	25
<b>Gambar 4.2</b> Grafik tegangan awal terhadap penambahan $\text{SiO}_2$ .....	25
<b>Gambar 4.3</b> Bentuk pemohonan (a) <i>branch type</i> , (b) <i>bush-branch type</i> , dan (c) <i>bush type</i> .....	26
<b>Gambar 4.4</b> Grafik probabilitas bentuk pemohonan terhadap konsentrasi $\text{SiO}_2$ .....	27
<b>Gambar 4.5</b> Grafik panjang pemohonan terhadap penambahan tegangan pada variasi penambahan $\text{SiO}_2$ .....	28
<b>Gambar 4.6</b> Pemohonan listrik (a) sebelum di filter (b) setelah di filter ...	29
<b>Gambar 4.7</b> Grafik akumulasi kerusakan terhadap penambahan tegangan	30

## DAFTAR TABEL

**Tabel 2.1** Penelitian yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan ..... 9

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 .....	9
---------------------	---



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Tegangan Awal Pemohonan Listrik (TIV)

Lampiran 2 Data Panjang Pemohonan Listrik Terhadap Penambahan Tegangan

Lampiran 3 Data Akumulasi Kerusakan Terhadap Penambahan Tegangan

Lampiran 4 Panjang Pemohonan Terhadap Penambahan Tegangan

Lampiran 5 Akumulasi Kerusakan Terhadap Penambahan Tegangan

Lampiran 6 Plagiarisme *Turnitin*

## NOMENKLATUR

V : Tegangan

° : Derajat

d : Jarak celah

r : radius

wt% : *weight percentage* atau persentasi berat (%)

EP : *Epoxy resin*

RMS : *Root Mean Square*

## DAFTAR ISTILAH

- *Electrical treeing* : Pemohonan listrik
- *Tree Inception Voltage (TIV)* : Tegangan awal pemohonan
- *Tree length* : Panjang pemohonan
- *Tree shape* : Bentuk pemohonan
- *Accumulated damage* : Akumulasi kerusakan
- *Branch type* : Tipe cabang
- *Bush type* : Tipe semak
- *Bush-branch type* : Tipe semak-cabang
- *Block effect* : Efek penghalang
- *Gap* : Celah
- *Filler* : Pengisi
- *Flashover* : Loncatan api
- *Void* : Rongga udara

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Isolasi tegangan tinggi jenis polimer memberikan beberapa keuntungan seperti densitas yang rendah, ringan, ketahanan terhadap korosi cukup tinggi, serta konduktivitas yang relatif rendah [1], [2]. *Epoxy resin* telah digunakan secara luas sebagai bahan isolasi polimer untuk distribusi kabel bawah tanah dan transmisi udara yang memiliki keunggulan dalam sifat mekanik, termal, dan juga kelistrikannya [3].

Meskipun isolasi polimer *epoxy resin* memiliki beberapa keunggulan yang telah disebutkan, namun hal tersebut tidak terlepas dari penyebab dari kegagalan isolasi, salah satunya ialah pemohonan listrik atau *electrical treeing* [4]. Fenomena pemohonan listrik dapat terjadi akibat dari *void*, tonjolan, dan juga ketidakmurnian dari isolasi dengan membentuk jalur yang mirip dengan pemohonan dan dapat menyebabkan penurunan masa pakai dari isolasi tersebut [5].

Penambahan bahan pengisi pada polimer menjadi salah satu cara untuk meningkatkan performa dari polimer sehingga usia pakai polimer lebih panjang [6]. Peningkatan performa dari sifat listrik polimer *epoxy resin* tersebut dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan pengisi anorganik seperti  $\text{SiO}_2$ . Kelebihan dari pengisi anorganik yaitu ketersediaan yang banyak, murah, dan *renewable nature* [7]. Penambahan nanopartikel  $\text{SiO}_2$  ke polimer *epoxy resin* juga dapat meningkatkan tegangan awal pada pemohonan listrik seperti yang telah dilaporkan oleh Hafizi et al [8]. Penelitian ini dilakukan dengan menguji peluahan awal pemohonan listrik

pada campuran *epoxy resin* + SiO<sub>2</sub>. Adapun pengujian ini dipersiapkan dalam model *leaf-like sample*, dimana permodelan ini hanya membutuhkan bagian kecil dari material dielektrik [3].

## 1.2 Perumusan Masalah

Fenomena pemohonan listrik yang kerap terjadi di dalam isolasi padat menjadi salah satu faktor utama terjadinya suatu kegagalan isolasi. Namun, Hafizi et al melaporkan bahwa penambahan pengisi nanopartikel SiO<sub>2</sub> pada polimer *epoxy resin* dapat menghambat pertumbuhan pemohonan listrik. Skripsi ini melaporkan hasil penelitian yaitu pengaruh penambahan pengisi nanopartikel SiO<sub>2</sub> pada isolasi polimer *epoxy resin* terhadap pertumbuhan pemohonan listrik dengan *gap* antar elektroda sebesar 1 mm.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mengukur nilai tegangan awal pemohonan listrik pada isolasi *epoxy resin* yang diberi pengisi SiO<sub>2</sub>.
2. Mempelajari pengaruh penambahan SiO<sub>2</sub> pada isolasi *epoxy resin* terhadap pemohonan listrik yang terjadi.
3. Mempelajari pengaruh penambahan tegangan terhadap pertumbuhan pemohonan listrik.

## 1.4 Ruang Lingkup

1. Material isolasi yang dipakai yaitu *epoxy resin* dengan pengisi nanopartikel SiO<sub>2</sub>.
2. Ketebalan sampel uji sebesar 1 mm.

3. Elektroda yang digunakan diatur dengan *gap* sebesar 1 mm.
4. Pengujian peluahan awal pemohonan listrik tidak sampai *breakdown*.
5. Penelitian ini menggunakan sumber tegangan bolak-balik (AC).
6. Sistem elektroda yang digunakan menggunakan model *leaf-like sample*.
7. Membandingkan variasi sampel EP murni, EP + 1 wt% SiO<sub>2</sub>, dan EP + 3 wt% SiO<sub>2</sub>.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain:

### BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan mengenai isolasi polimer *epoxy resin*, pengisi nanopartikel SiO<sub>2</sub>, dan pengujian peluahan awal pemohonan listrik secara umum serta tujuan dari penelitian yang dilakukan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dilakukan dengan mencari beberapa literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan sebagai referensi berupa jurnal, artikel, dan buku yang berhubungan dengan pengujian pemohonan listrik material isolasi polimer *epoxy resin* yang berpengisi nanopartikel SiO<sub>2</sub>.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini memuat metode yang digunakan dalam penelitian, diagram alir penelitian, beberapa bahan dan alat yang dipakai,

proses pembuatan sampel uji, prosedur pengujian, dan tabel data hasil penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data hasil pengukuran yang telah direkam dan dicatat ke tabel hasil penelitian akan diolah dan kemudian disajikan dalam bentuk grafik. Selanjutnya, data hasil penelitian yang didapat tersebut akan dibahas apakah data tersebut sesuai dengan teori yang didapat dari penelitian-penelitian sebelumnya dan dapat diterima.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Terakhir, hasil dan pembahasan tersebut akan ditarik kesimpulan berupa poin-poin dan saran yang diperlukan untuk penelitian-penelitian yang berkaitan kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ferdiansyah, J. M. Nainggolan, and ..., "Karakteristik Peluahan Sebagian (Partial Discharge) Pada Isolasi Epoksi Resin (Resin Epoxy) Dengan Metode Emisi Akustik," *J. Inform. dan ...*, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [2] 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.
- [3] M. H. Ahmad *et al.*, "A new statistical approach for analysis of tree inception voltage of silicone rubber and *epoxy resin* under AC ramp voltage," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 4, no. 1, pp. 27–39, 2012.
- [4] M. H. Ahmad, H. Ahmad, N. Bashir, Z. A. Malek, Y. Z. Arief, and R. Kurnianto, "Statistical study on tree inception voltage of silicone rubber and *epoxy resin*," *Proc. 2011 Int. Conf. Electr. Eng. Informatics, ICEEI 2011*, no. July, pp. 0–5, 2011.
- [5] 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.
- [6] T. Imai *et al.*, "Improving epoxy-based insulating materials with nano-fillers toward practical application," *Conf. Rec. IEEE Int. Symp.*



*Electr. Insul.*, pp. 201–204, 2008.

- [7] E. Khalaf and S. A. Awad, “Improvement of Mechanical and Water Absorbance Properties of Low-Density Polyethylene (LDPE) by using White Kaolin Powder (WK),” *undefined*, 2017.
- [8] M. H. I. Bin Saad, M. H. Bin Ahmad, Y. Z. Arief, H. Bin Ahmad, and A. B. M. Mohamed Piah, “Electrical treeing and morphological analysis of epoxy nanocomposites with different concentrations of silica nanofillers,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 832, pp. 567–572, 2014.
- [9] J. S. T. Looms and M. C. Chapman, *Insulators for High Voltages*, vol. 11, no. 6. 1991.
- [10] K. V. Naidu M. S., “High Voltage Engineering,” 1995.
- [11] W. S. Z. John Kuffel, E. Kuffel, “High Voltage Engineering,” *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 15, no. 5, p. 36, 1995.
- [12] A. Kumar and R. K. Gupta, *Fundamentals of Polymer Engineering*. 2003.
- [13] R. Arora and W. Mosch, *High voltage and electrical insulation engineering [electronic resource] / Ravindra Arora, Wolfgang Mosch*. 2011.
- [14] M. Kurimoto, T. Kawashima, H. Suzuki, Y. Murakami, and M. Nagao, “Dielectric permittivity characteristic of mesoporous-alumina/epoxy composite,” in *Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP*, 2012, pp.

307–310.

- [15] D. Kind and H. Kärner, *High-voltage insulation technology: Textbook for electrical engineers*. 1985.
- [16] S. Alapati and M. J. Thomas, “Electrical Treeing and the Associated PD Characteristics in LDPE Nanocomposites,” vol. 19, no. 2, pp. 697–704, 2012.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] W. W. Yang Y., Bian W., “A Self-Healing and Electrical-Tree-Inhibiting Epoxy Composite with Hydrogen-Bonds and SiO<sub>2</sub> Particles,” 2017.
- [21] C. L. Du, B.X.; Zhao, G.F.; Li, Z.L.; Li, “Effects of Harmonic Component on Electrical Tree in EPDM for HVDC Cable Accessories Insulation,” pp. 578–585, 2021.