

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK POLA *PARTIAL DISCHARGE* DAN  
*BREAKDOWN VOLTAGE* PADA MATERIAL BAHAN  
ISOLASI *EPOXY RESIN* DENGAN *FILLER*  
*MODIFIED GRAPHENE OXIDE***



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

**Oleh:**

**MEIWA BARENA  
NIM. 03041282025083**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK POLA *PARTIAL DISCHARGE* DAN  
*BREAKDOWN VOLTAGE* PADA MATERIAL BAHAN  
ISOLASI *EPOXY RESIN* DENGAN *FILLER*  
*MODIFIED GRAPHENE OXIDE***

Oleh:

**MEIWA BARENA  
NIM. 03041282025083**

**Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan**

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



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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

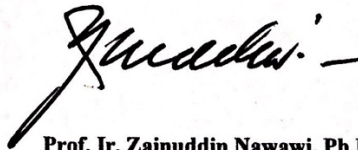
**KARAKTERISTIK POLA *PARTIAL DISCHARGE* DAN  
*BREAKDOWN VOLTAGE* PADA MATERIAL BAHAN  
ISOLASI *EPOXY RESIN* DENGAN *FILLER*  
*MODIFIED GRAPHENE OXIDE***

**Oleh:**

**MEIWA BARENA  
NIM. 03041282025083**

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

**Palembang, November 2024  
Dosen Pembimbing,**



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

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Meiwa Barena  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041282025083  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya  
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 6%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Karakteristik Pola *Partial Discharge* Dan *Breakdown Voltage* Pada Material Bahan Isolasi *Epoxy Resin* Dengan *Filler Modified Graphene Oxide*”, 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.

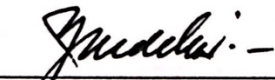
Demikian pernyataan ini saya buat dalam kesadaran dan tanpa paksaan.

Palembang, November 2024  
Yang Menyatakan,



Meiwa Barena  
NIM. 03041282025083

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.  
\_\_\_\_\_

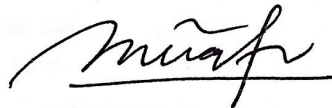
Tanggal : November 2024  
\_\_\_\_\_

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul “Karakteristik Pola *Partial Discharge* dan *Breakdown Voltage* Pada Material Bahan Isolasi *Epoxy Resin* Dengan *Filler Modified Graphene Oxide*” dapat terselesaikan. Penelitian ini disusun sebagai upaya untuk memahami pengaruh *filler* terhadap isolasi *Epoxy Resin*. 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.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini mungkin tidak terselesaikan tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis juga meminta maaf jika ada salah dalam penulisan dan dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan di bidang Teknik Elektro.

Palembang, November 2024



Meiwa Barena  
NIM. 03041282025083



## HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- Orang tua saya atas segala cinta kasih, motivasi, dukungan selama proses pengerjaan skripsi ini;
- Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D. yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi;
- Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., dan Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., Ibu Dr. Ir. Syarifita Fitria selaku dosen pedamping 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 *Electrical Energy and Safety* Universitas Sriwijaya, Pak Lukmanul Hakim, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., dan Kak Ferlian Seftianto, S.T., M.Kom.;
- Temen-teman seperjuangan, seluruh anggota Laboratorium *Electrical Energy and Safety* Angkatan 2020 yaitu Raga, Fadlu, Bhanunasmii, Elam, Muthia, Aldhi, Rangga, Adziin, Ridwan, Ryan, Hilman, Derry, Iqbal, Aldo, Rama, Sahrul, Ravi, Kurniawan, Lutfi, Eric, Trio, Ahmed, dan Mozmail yang telah terlibat dan mendukung penelitian;

- Sahabat Endru Melody Wang dan Siska Putri Chayadi yang selama ini menemani dan memotivasi selama pembuatan skripsi;
- Teman-teman kelas A Yara, Diah, Febby, Lola, Angel, Ananda, Rischantika dan mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2020, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya;
- Pihak-pihak yang telah mendukung penulis selama menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Palembang, November 2024



Meiwa Barena  
NIM. 03041282025083



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Meiwa Barena  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041282025083  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro  
Jenis Karya : Skripsi

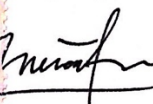
Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Karakteristik Pola *Partial Discharge* dan *Breakdown Voltage* Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* Dengan *Filler Modified Graphene Oxide*” 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,





Meiwa Barena  
NIM. 03041282025083

## ABSTRAK

### KARAKTERISTIK POLA *PARTIAL DISCHARGE* DAN *BREAKDOWN VOLTAGE* PADA MATERIAL BAHAN ISOLASI *EPOXY RESIN* DENGAN *FILLER MODIFIED GRAPHENE OXIDE*

(Meiwa Barena, 03041282025083, 2024, xxii + 68 halaman + lampiran)

---

---

Penelitian mengenai pengaruh penambahan *filler Modified Graphene Oxide* (MGO) pada material *Epoxy Resin* untuk meningkatkan sifat dielektrik yang dilihat dari karakteristik pola *partial discharge* dan nilai *Breakdown Voltage* telah dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem elektroda jarum-piring. Pengukuran parameter PD yang dilakukan terhadap sampel dengan variasi komposisi *filler* 0.1;0.3;0.5;0.7;0.9wt% dan sampel *Epoxy Resin* murni sebagai kontrol. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya *filler* maka jumlah peluahan yang terjadi semakin meningkat. Hasil pengujian *Breakdown Voltage* sampel *Epoxy Resin* murni sebesar 24.34 kV dan tegangan tembus meningkat seiring dengan penambahan *filler* MGO berturut-turut menjadi 25.44; 25.67;28.76;25.62;24.71 kV. Peningkatan ini dimungkinkan terjadi karena modifikasi *Graphene Oxide* dengan menggunakan *Octadecylamine* dapat membuat material menjadi *Hydrophobic* sehingga mengurangi mobilitas pembawa muatan atau ion-ion ketika berada di dalam medan listrik dan memperbaiki kemampuan dispersi pengisi dalam isolasi *Epoxy Resin*.

**Kata Kunci:** *Epoxy Resin, Modified Graphene Oxide, Octadecylamine, Pola Partial Discharge, Breakdown Voltage*

## ABSTRACT

### CHARACTERISTICS OF PARTIAL DISCHARGE PATTERN AND BREAKDOWN VOLTAGE IN EPOXY RESIN INSULATING MATERIAL WITH MODIFIED GRAPHENE OXIDE FILLER

(Meiwa Barena, 03041282025083, 2024, xxii + 68 pages + appendix)

---

---

Research on the effect of adding Modified Graphene Oxide (MGO) filler to Epoxy Resin material to improve dielectric properties as seen from the characteristics of partial discharge patterns and Breakdown Voltage values has been carried out. The test was conducted using a needle-plate electrode system. PD parameter measurements were carried out on samples with variations in filler composition of 0.1;0.3;0.5;0.7;0.9wt% and pure Epoxy Resin samples as controls. The test results show that the more the filler increases, the more the number of discharges that occur. Breakdown Voltage test results of pure Epoxy Resin samples amounted to 24.34 kV and the breakdown voltage increased along with the addition of MGO filler successively to 25.44;25.67;28.76;25.62;24.71 kV. This increase is possible because the modification of Graphene Oxide using Octadecylamine can make the material become Hydrophobic so as to reduce the mobility of charge carriers or ions when in an electric field and improve the dispersion ability of fillers in Epoxy Resin insulation.

**Keywords:** *Epoxy Resin, Modified Graphene Oxide, Octadecylamine, Partial Discharge Pattern, Breakdown Voltage*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>
<b>NOMENKLATUR .....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR ISTILAH.....</b>	<b>xxii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Hipotesis Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Isolator.....	5
2.2. Isolasi Polimer.....	5

2.3.	<i>Epoxy Resin</i> .....	6
2.4.	<i>Graphene Oxide</i> .....	6
2.5.	<i>Octadecylamine (ODA)</i> .....	7
2.6.	Kekuatan Dielektrik .....	9
2.7.	Mekanisme Kegagalan Isolasi.....	9
2.7.1.	Kegagalan Intrinsik dan Elektromekanik.....	11
2.7.2.	Kegagalan <i>Streamer</i> .....	12
2.7.3.	Kegagalan Termal .....	12
2.7.4.	Kegagalan Erosi .....	13
2.8.	Peluhan Sebagian ( <i>Partial Discharge</i> ).....	14
2.9.	Muatan.....	16
2.10.	Kapasitansi .....	17
2.11.	Penelitian Sebelumnya .....	18
<b>BAB III METODOLOGI DAN EKSPERIMENTAL .....</b>		<b>24</b>
3.1	Metode penelitian.....	24
3.2	Diagram alir .....	25
3.3	Peralatan yang digunakan.....	27
3.3.1	Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik.....	27
3.3.2	<i>High Voltage Probe</i> .....	27
3.3.3	Tahanan Tinggi .....	27
3.3.4	<i>Picoscope Tipe 4000 Series</i> .....	27
3.3.5	<i>Pearson Current Monitor</i> .....	28
3.4	Sistem Elektroda .....	28
3.5	Rangkaian pengukuran pola <i>Partial Discharge</i> dan pengujian <i>Breakdown Voltage</i> .....	29
3.6	Prosedur pengujian.....	33
3.7	Sampel yang digunakan .....	35

3.7.1	Pembuatan <i>Modified Graphene Oxide</i> (GO-ODA).....	35
3.7.4	Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel uji .....	40
3.7.5	Alat yang digunakan dalam pembuatan sampel uji.....	42
3.7.6	Proses pembuatan sampel uji .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>45</b>
4.1	Umum.....	45
4.2	Hasil Eksperimental .....	45
4.1	Diskusi.....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>68</b>
5.1.	Kesimpulan .....	68
5.2.	Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sintesis Graphite Sampai Menjadi <i>Graphene</i> .....	7
Gambar 2. 2 Struktur Molekul <i>Octadecylamine</i> .....	8
Gambar 2. 3 Variasi <i>Breakdown Strength</i> Dengan Waktu Setelah Tegangan Diaplikasikan.....	11
Gambar 2. 4 <i>Breakdown Channels</i> di <i>Plexiglass</i> diantara Elektroda Jarum-Piring .....	13
Gambar 2. 5 Simulasi Test Objek PD a) Skema Isolasi Sistem yang Terdiri Dari Rongga b) Rangkaian Ekuivalen.....	15
Gambar 2. 6 <i>Internal Discharge</i> .....	15
Gambar 2. 7 <i>Surface Discharge</i> .....	16
Gambar 2. 8 <i>Corona Discharge</i> .....	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3. 2 Sistem Elektroda Jarum-Piring.....	28
Gambar 3. 3 Rangkaian Pengukuran Pola <i>Partial Discharge</i> .....	30
Gambar 3. 4 Rangkaian Pengujian <i>Breakdown Voltage</i> .....	32
Gambar 3. 5 <i>Graphene Oxide</i> (dok. pribadi) .....	35
Gambar 3. 6 <i>Octadecylamine</i> (dok. pribadi).....	36
Gambar 3. 7 <i>Ammonia</i> (dok. pribadi).....	36
Gambar 3. 8 <i>Etanol 99.9%</i> (dok. pribadi) .....	37
Gambar 3. 9 <i>Air Deionisasi</i> .....	37
Gambar 3. 10 <i>Mixer Ultrasonic</i> (dok. pribadi) .....	38
Gambar 3. 11 <i>Magnetic Stirrer</i> (dok. pribadi) .....	38
Gambar 3. 12 <i>Vaccum Oven</i> (dok. pribadi) .....	39
Gambar 3. 13 Proses Pembuatan <i>Modified Graphene Oxide</i> dengan <i>Octadecylamine</i> (dok. pribadi).....	40
Gambar 3. 14 <i>Modified Graphene Oxide</i> (dok. pribadi).....	41
Gambar 3. 15 <i>Epoxy Resin</i> dan <i>Hardener</i> (dok. pribadi).....	42
Gambar 3. 16 Proses pembuatan sampel uji <i>Modified Graphene Oxide/Epoxy Resin</i> (dok. pribadi) .....	44
Gambar 4. 1 Tegangan PDIV untuk masing-masing komposisi <i>filler</i> .....	45
Gambar 4. 2 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> Kontrol pada tegangan 2.2 kV .....	46
Gambar 4. 3 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler 0.1wt% Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.2 kV .....	47



Gambar 4. 4 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.3wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.2 kV .....	47
Gambar 4. 5 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.5wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.2 kV .....	48
Gambar 4. 6 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.7wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.2 kV .....	48
Gambar 4. 7 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.9wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.2 kV .....	49
Gambar 4. 8 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> Kontrol pada tegangan 2.4 kV .....	50
Gambar 4. 9 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.1wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.4 kV .....	51
Gambar 4. 10 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.3wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.4 kV .....	51
Gambar 4. 11 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.5wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.4 kV .....	52
Gambar 4. 12 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.7wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.4 kV .....	52
Gambar 4. 13 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.9wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> pada tegangan 2.4 kV .....	53
Gambar 4. 14 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> Kontrol pada tegangan 2.6 kV .....	54
Gambar 4. 15 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.1wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> tegangan 2.6 kV .....	55
Gambar 4. 16 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.3wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> tegangan 2.6 kV .....	55
Gambar 4. 17 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.5wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> tegangan 2.6 kV .....	56
Gambar 4. 18 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.7wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> tegangan 2.6 kV .....	56
Gambar 4. 19 <i>PD pattern</i> sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.9wt% <i>Modified Graphene Oxide</i> tegangan 2.6 kV .....	57
Gambar 4. 20 Jumlah kejadian PD untuk sampel <i>Epoxy Resin</i> kontrol sebagai fungsi tegangan .....	58
Gambar 4. 21 Jumlah kejadian PD untuk sampel <i>Epoxy Resin</i> dengan <i>filler</i> 0.1wt% MGO sebagai fungsi tegangan.....	59

Gambar 4. 22 Jumlah kejadian PD untuk sampel *Epoxy Resin* dengan *filler* 0.3wt% MGO sebagai fungsi tegangan..... 59

Gambar 4. 23 Jumlah kejadian PD untuk sampel *Epoxy Resin* dengan *filler* 0.5wt% MGO sebagai fungsi tegangan..... 60

Gambar 4. 24 Jumlah kejadian PD untuk sampel *Epoxy Resin* dengan *filler* 0.7wt% MGO sebagai fungsi tegangan..... 61

Gambar 4. 25 Jumlah kejadian PD untuk sampel *Epoxy Resin* dengan *filler* 0.9wt% MGO sebagai fungsi tegangan..... 61

Gambar 4. 26 Tegangan PDIV untuk masing-masing komposisi campuran sebagai fungsi waktu tunda ..... 62

Gambar 4. 27 Perbandingan peluang terjadinya *PD* pada variasi komposisi *filler* dengan kenaikan tegangan berbeda ..... 63

Gambar 4. 28 Nilai rata-rata *Breakdown Voltage* terhadap sampel *Epoxy Resin* dengan komposisi *filler* yang berbeda..... 64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat <i>Octadecylamine</i> .....	8
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu yang Berkaitan Dengan Judul Riset.....	19
Tabel 3. 1 Spesifikasi Ukuran Sistem Elektroda.....	28

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 Kekutan Dielektrik.....	9
Persamaan 2. 2 Tegangan Tembus Sebenarnya .....	10
Persamaan 2. 3 Faktor Koresi Udara.....	10
Persamaan 2. 4 Muatan Listrik.....	17
Persamaan 2. 5 Kapasitansi Bahan Dielektrik .....	17
Persamaan 2. 6 Kapasitansi Gap Udara .....	17
Persamaan 2. 7 Kapasitansi Total .....	17

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proses Pembuatan Sampel *Epoxy Resin*
- Lampiran 2 Pengukuran Rata-rata Sisi Sampel Uji
- Lampiran 3 Perhitungan Nilai Permittivitas Efektif Berdasarkan *Maxwell-Garnett*
- Lampiran 4 Perhitungan Nilai Kapasitansi Berdasarkan Buku Serway
- Lampiran 5 Perhitungan Nilai Muatan
- Lampiran 6 Data Hasil Percobaan *Partial Discharge*
- Lampiran 7 Data Hasil Percobaan *Breakdown Voltage*
- Lampiran 8 Perhitungan Nilai *Breakdown Voltage* Dalam Keadaan Normal
- Lampiran 9 Nilai *Breakdown Voltage* Yang Terukur Pada Voltmeter
- Lampiran 10 Lembar Plagiarisme Turnitin
- Lampiran 11 SULIET/USEPT

## NOMENKLATUR

$E$	= kekuatan dielektrik
$V_{BD}$	= tegangan tembus dielektrik
$C$	= nilai kapasitansi
$V$	= nilai tegangan terukur
$d$	= jarak sela antar elektroda
$C_d$	= kapasitansi bahan dielektrik
$\epsilon_0$	= permitivitas vakum
$A$	= luas permukaan elektroda

## DAFTAR ISTILAH

<i>Epoxy Resin</i>	: Epoksi Resin
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi
<i>Nano-Filler</i>	: Bahan pengisi berukuran nano
<i>Graphene Oxide</i>	: Grafena Oksida
<i>Octadecylamine</i>	: Oktadesilamina
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan tembus
<i>Partial Discharge Pattern</i>	: Pola Peluahan Parsial
<i>Sheet</i>	: Lembaran
<i>Modified Graphene Oxide</i>	: Grafena Oksida yang dimodifikasi
<i>Time Lag</i>	: Waktu tunda



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Isolasi yang digunakan dalam saluran transmisi ataupun distribusi dapat berupa padat, cair, dan gas. Beberapa tahun terakhir, bahan isolasi polimer seperti *Epoxy* lebih banyak digunakan dibandingkan dengan material porselin. *Epoxy* memiliki sifat isolasi yang baik dan sifat dielektrik yang tinggi. Seiring perkembangan zaman, *Epoxy* telah banyak dieksplorasi untuk aplikasi dielektrik karena dapat meningkatkan sifat dielektrik dan mekanik bahan isolasi dengan penggunaan *Nano-Filler* sebagai pengisi [1].

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai *filler Epoxy Resin* ialah *Graphene*. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian menunjukkan bahwa nanomaterial berbasis *Graphene* memiliki dampak besar pada perangkat elektronik atau nanokomposit secara umum karena *Graphene* bersifat semikonduktor. Akan tetapi, *Nano-Filler Graphene* seringkali tidak kompatibel dengan matriks polimer karena cenderung membentuk aglomerat sehingga butuh disintesis dengan Metode Hummers menjadi *Graphene Oxide* [2]. *Graphene Oxide* lebih kompatibel dengan polimer karena adanya gugus oksigen yang terdapat pada struktur *Graphene Oxide* sama halnya dengan *Epoxy*.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Karunarathna, P, *et.al.*, menunjukkan bahwa *Graphene Oxide* sebagai nano-*filler* dari isolasi *Epoxy Resin* menurunkan nilai *Breakdown Voltage* jika dibandingkan dengan nilai *Breakdown Voltage Epoxy Resin* murni [3]. Hal ini menunjukkan bahwa *Graphene Oxide* memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan *Epoxy* murni. Akan tetapi, *Graphene Oxide* memiliki kekuatan mekanik dan konduktivitas termal yang baik dibandingkan *Epoxy Resin*. Alternatif lain

dalam menggunakan *Graphene Oxide* sebagai bahan pengisi *Epoxy Resin* ialah mengurangi sifat konduktifnya dengan menggunakan *Octadecylamine* (ODA) untuk memodifikasi *Graphene Oxide*. Pemodifikasian memberi dampak menurunkan energi permukaan sehingga meningkatkan sifat *hydrophobic*, meningkatkan sifat mekanis, dan meningkatkan ketahanan terhadap degradasi kimia [4]. *Octadecylamine* (ODA) merupakan alkil amina amfifilik dengan rantai hidrokarbon yang panjang sehingga dapat meminimalkan energy permukaan dan menciptakan material baru yang super hidrofobik sehingga dapat meningkatkan nilai *Breakdown Voltage* isolasi pada *Epoxy* komposit.

Sebagai salah satu kandidat material baru bahan isolasi [4], pentingnya untuk mengetahui kekuatan dielektrik material isolasi *Epoxy Resin* dengan *filler Modified Graphene Oxide*. Metode *Partial Discharge* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengetahui kekuatan dielektrik material isolasi. *Partial Discharge* merupakan peluahan listrik lokal yang terjadi pada sebagian pada isolasi di antara konduktor atau mungkin yang terjadi pada bagian yang dekat dengan konduktor [5]. Apabila peluahan terjadi secara terus-menerus maka dapat menimbulkan kerusakan pada permukaan isolasi yang pada akhirnya mengakibatkan *Breakdown Voltage*. Memahami pola *Partial Discharge* menjadi penting untuk menilai tingkat degradasi isolasi polimer serta memperkirakan kondisi isolasi sebelum terjadinya kegagalan *Breakdown Voltage*.

## 1.2. Rumusan Masalah

*Epoxy Resin* memiliki keunggulan yaitu ringan, mudah dibentuk dan tahan korosi namun memiliki kelemahan yaitu rentan terhadap kelembapan, nilai konduktivitas termal yang rendah dan kekuatan mekanis yang rendah. Sifat konduktif yang dimiliki *Graphene Oxide* dapat mempercepat proses

terjadinya *Breakdown Voltage* pada *Epoxy Resin*. Dengan memodifikasi *Graphene Oxide* menggunakan *Octadecylamine* (ODA) diharapkan dapat mengurangi sifat konduktif, meningkatkan sifat *hydrophobic*, meningkatkan sifat mekanis, dan meningkatkan ketahanan terhadap degradasi kimia. *Modified Graphene Oxide* sebagai *filler* dari *Epoxy Resin* menjadi salah satu kandidat material isolasi baru dicoba menggunakan pola *partial discharge* untuk menguji nilai tegangan tembus (*Breakdown Voltage*).

### 1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Mendapatkan pola *Partial Discharge* (PD) dari bahan isolasi polimer jenis *Epoxy Resin* yang diberi *filler Modified Graphene Oxide*
2. Mendapatkan nilai tegangan tembus dari isolasi polimer jenis *Epoxy Resin* yang diberi *filler Graphene Oxide* yang dimodifikasi
3. Mendapatkan komposisi terbaik dari komposit *Epoxy Resin* dan *Modified Graphene Oxide* sebagai bahan isolasi
4. Mengetahui pengaruh penambahan material pengisi terhadap karakteristik *Partial Discharge* dari *Epoxy Resin* yang diberi *filler Modified Graphene Oxide*

### 1.4. Batasan Masalah

Sampel uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material polimer jenis *Epoxy Resin* yang akan dibentuk berupa lembaran (*sheet*) dengan ukuran sampel 50mm, lebar 50mm dan tebal 1mm, pemberian bahan pengeras dengan rasio umum 2:1 dengan total massa campuran, kemudian diiberi bahan *filler Modified Graphene Oxide* dengan rasio 0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9wt%.

Eksperimen dilakukan dengan:

1. *Graphene Oxide* diproduksi oleh NRE Lab dengan tingkat kemurnian 99.9% dan *Research Grade*.
2. *Graphene Oxide* dimodifikasi dengan *Octadecylamine* (ODA)  $C_{18}H_{39}N$  yang diproduksi oleh MERCK.
3. Menggunakan spesimen dengan ukuran panjang 50mm, lebar 50mm dan tebal 1mm.
4. Menggunakan sistem elektroda jarum dan elektroda piring dengan diberi jarak 10mm terhadap spesimen.
5. Variasi komposisi *filler Modified Graphene Oxide* terhadap *Epoxy Resin* sebesar 0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9 wt%.
6. Pengujian yang dilakukan saat pengujian *Breakdown Voltage* menggunakan tegangan bolak-balik 50 Hz dengan laju kenaikan 1 kV/s dan pengujian *Partial Discharge* menggunakan tegangan bolak-balik 50 Hz dengan laju kenaikan 100 V/s.

#### 1.5. Hipotesis Penelitian

Modifikasi *Graphene Oxide* menggunakan *Octadecylamine* (ODA) diharapkan mampu meningkatkan kekuatan dielektrik pada isolasi *Epoxy Resin*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amin, A. Khattak, and M. Ali, ““Life Estimation and Investigation of Dielectric Strength of Multi-stressed High Voltage Epoxy Micro and Nanocomposites,” 2014.
- [2] D. R. Dreyer, S. Park, B. C. W. Bielawski, and R. S. Ruoff, “The chemistry of graphene oxide,” *Chem. Soc. Rev.*, vol. 39, pp. 228–240, 2010.
- [3] P. Karunarathna, K. Chithradewa, S. Kumara, C. Weerasekara, R. Sanarasinghe, and T. Rathnayake, “Study on Dielectric Properties of Epoxy Resin Nanocomposites,” *2019 Int. Symp. Adv. Electr. Commun. Technol. ISAECT 2019*, Nov. 2019, doi: 10.1109/ISAECT47714.2019.9069694.
- [4] S. M. Mousavi, S. A. Hashemi, M. Arjmand, A. M. Amani, F. Sharif, and S. Jahandideh, “Octadecyl Amine Functionalized Graphene Oxide towards Hydrophobic Chemical Resistant Epoxy Nanocomposites,” *ChemistrySelect*, vol. 3, no. 25, pp. 7200–7207, Jul. 2018, doi: 10.1002/SLCT.201800996.
- [5] International Electrotechnical Commission, *International Standard IEC 60270 High Voltage Test Techniques Partial Discharge Measurements*, 3rd ed. IEC, 2000.
- [6] Jamaaluddin, *Konduktor - Isolator dan Semi Konduktor*, Pertama. Sidoarjo: UMSIDA Press, 2019.
- [7] A. Syakur W. A. P. and Yuningtyastuti, *Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang*. Universitas Diponegoro, 2011.
- [8] Heri J, Syakur A, and Yuningtyastuti, “Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir

- Silika (Dengan Polutan Pantai),” *Transmisi*, vol. 14, no. 1, 2012.
- [9] Susilawati D.I., Syakur A., and Hermawan, “Analisa Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Menggunakan Metode Pengukuran Inclined- Plane Tracking,” pp. 1–7, 2017.
- [10] A. M. Dimiev and S. Eigler, *Graphene Oxide Fundamentals and Applications*, 1st ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2017.
- [11] D. S. Eigler and P. D. A. Hirsch, “Chemistry with Graphene and Graphene Oxide—Challenges for Synthetic Chemists,” *A J. Ger. Chem. Soc.*, 2014.
- [12] J. Zahirifar, J. K. Sabet, S. M. A. Moosavian, A. Hadi, and P. K. Parsi, “Fabrication of a novel octadecylamine functionalized graphene oxide/PVDF dual-layer flat sheet membrane for desalination via air gap membrane distillation,” *Elsevier*, pp. 227–239, 2017.
- [13] National Center for Biotechnology Information, “PubChem Compound Summary for CID 15793, Octadecylamine.,” <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Octadecylamine>. [Online]. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Levofloxacin>
- [14] R. A. Serway and J. W. Jewett, *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*, 6th ed., vol. 2. Jakarta: Salemba Teknik, 2010.
- [15] Syafriyudin, *Pengetahuan Bahan Listrik*. Yogyakarta: AKPRIND PRESS, 2013.
- [16] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High Voltage Engineering Fundamentals*, 2nd ed. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2000.
- [17] Suwarno, “Partial Discharges in High Voltage Insulations,” *IEEE Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci.*, pp. 369–375, 2014.
- [18] R. Arora and W. Mosch, *Buku High Voltage and Electrical Insulation*

*Engineering*. 2011.

- [19] J. Lehr and P. Ron, *Foundations of Pulsed Power Technology*. 2017.
- [20] P. A. Tipler and G. Mosca, *Physics For Scientists And Engineers With Modern Physics*, 6th ed., vol. 2. New York: Susan Finnemore Brennan, 2008.
- [21] F. J. Bueche and E. Hecht, *Schaum's Outline Theory and Problems Of College Physics*, 9th ed. United States Of America: McGraw-Hill, 1997.
- [22] S. J. Ling, J. Sanny, and W. Moebis, *University Physics Volume 2*, 2nd ed., vol. 2. Texas: OpenStax, 2018.
- [23] Sutrisno, *Fisika Dasar Mekanika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1982.
- [24] S. Ismael, Abdullah, and M. N. . Ansari, "Preparation and Characterization of Electrical Properties of Graphene oxide (GO)/Epoxy composites," *Sci. Direct*, 2019.
- [25] Purwoko, J. Yun, and H. Byun, "Effect of Graphene Oxide (GO) on The Mechanical Properties of GO-Epoxy Composite," *IEEE*, 2019.
- [26] E. Jahoda, J. Kudelcik, J. Hornak, and P. Tmka, "The influence of nanoparticles in the epoxy resin on dielectric parameters and partial discharges," *IEEE*, 2018.
- [27] Z. Ma, H. Geng, D. Wang, and Z. Shuai, "Influence of alkyl side-chain length on the carrier mobility in organic semiconductors: Herringbone: vs. pi-pi stacking," *J. Mater. Chem. C*, vol. 4, no. 20, pp. 4546–4555, 2016, doi: 10.1039/c6tc00755d.