

**SKRIPSI**

**PENGARUH RONGGA UDARA (*VOID*) DALAM ISOLASI  
*EPOXY RESIN* TERHADAP KARAKTERISTIK *PARTIAL  
DISCHARGE* (PD)**



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

**Oleh :**

**ISROMI FADLU RAHMAN LUDO  
NIM. 03041382025095**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH RONGGA UDARA (VOID) DALAM ISOLASI  
EPOXY RESIN TERHADAP KARAKTERISTIK PARTIAL  
DISCHARGE (PD)**

**Oleh:**

**ISROMI FADLU RAHMAN LUDO  
NIM. 03041382025095**

**Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan**

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



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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

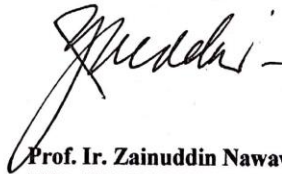
**PENGARUH RONGGA UDARA (*VOID*) DALAM ISOLASI  
*EPOXY RESIN* TERHADAP KARAKTERISTIK *PARTIAL  
DISCHARGE* (PD)**

Oleh:

**ISROMI FADLU RAHMAN LUDO  
NIM. 03041382025095**

**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 : Isromi Fadlu Rahman Ludo  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041382025095  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya  
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 16%


Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Rongga Udara (*Void*) Dalam Isolasi *Epoxy Resin* Terhadap Karakteristik *Partial Discharge* (PD)”, 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,



  
Isromi Fadlu Rahman Ludo  
NIM. 03041382025095

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

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh, Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Pengaruh Rongga Udara (*Void*) Dalam Isolasi *Epoxy Resin* Terhadap Karakteristik *Partial Discharge* (PD)" ini dengan baik.

Adapun skripsi ini yang merupakan sebuah karya ilmiah yang dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya agar mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Penulisan skripsi ini dilakukan berdasarkan pada studi literatur, kajian pustaka dan eksperimen pengambilan data secara langsung. Penulis tentu menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kesalahan serta kekurangan di dalamnya. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik serta saran dari pembaca.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini, mulai dari keluarga, dosen pembimbing, pranata laboratorium, sahabat dan teman-teman laboratorium. Demikian semoga skripsi ini dapat bermanfaat utamanya bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang isolasi padat.

Palembang, November 2024



Isromi Fadlu Rahman Ludo  
NIM. 03041382025095

## HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- Ibuku tersayang ibu Asriyani yang selalu berjuang untuk anaknya memberikan dukungan dan segala upaya agar saya dapat menyelesaikan pendidikan hingga sekarang, kemudian adik saya Aulia Salsabila Ramayani yang juga telah memberikan dukungan hingga sekarang, segala pencapaian ini adalah untuk membalas segala dukungan dan ketulusan mereka;
- Bapak Sadyly atas semua bantuan dan perjuangannya selama ini dalam urusan pendidikan saya maupun hal lainnya, saya berterimakasih;
- Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. Ph.D., Bapak Dr. Djulil Amri, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Ir. Syarifa Fitria 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, serta administrasi dan akademik Jurusan Teknik Elektro;
- Ir. Irmawan, S.Si, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan waktu dan dukungan selama masa pendidikan saya;
- Pranata dan senior di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Pengukuran Listrik Universitas Sriwijaya, Bapak Lukmanul Hakim,

S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., dan Kak Ferlian Seftianto, S.T., M.Kom.;

- Temen-temen seperjuangan, seluruh anggota Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Pengukuran Listrik Angkatan 2020 yaitu Raga, Bhanunasmi, Elam, Meiwa, Muthia, Aldhi, Rangga, Adziin, Ridwan, Ryan, Hilman, Derry, Iqbal, Aldo, Rama, Sahrul, Ravi, Kurniawan, Lutfi, Eric, Trio, Ahmed, dan Mozmail yang telah terlibat serta mendukung penelitian;
- Sahabat kost Kostong, Adib, Adit, Aldhi, Aldo, Derry, Iqbal samudra, Iqbal Fahlevi, Derry, Ridho, Sahrul dan Trio
- Sahabat sejak bangku sekolah menengah (BPJS), Angga, Dastin, Ridho, Farhan, Klara, Anisya, Nur'aini, Sari, dan Sya'baniah yang telah memberikan dukungan emosional selama kurang lebih 10 tahun (2014-2024);
- Teman-teman 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.

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

Palembang, November 2024



Isromi Fadlu Rahman Ludo  
NIM. 03041382025095



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Isromi Fadlu Rahman Ludo  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041382025095  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Jenis Karya : Skripsi


Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, "Pengaruh Rongga Udara (*Void*) Dalam Isolasi *Epoxy Resin* Terhadap Karakteristik *Partial Discharge* (PD)" 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,

  
Isromi Fadlu Rahman Ludo  
NIM. 03041382025095

**ABSTRAK**  
**PENGARUH RONGGA UDARA (VOID) DALAM ISOLASI**  
**EPOXY RESIN TERHADAP KARAKTERISTIK PARTIAL**  
**DISCHARGE (PD)**

(Isromi Fadlu Rahman Ludo, 03041382025095, 2024, xxii + 53 halaman + lampiran)

---

---

Penelitian ini mempelajari pengaruh rongga udara (*void*) dalam isolasi *epoxy resin* terhadap karakteristik *partial discharge* (PD). Pengujian dilakukan pada sampel *epoxy resin multilayer* dengan ketebalan masing-masing lembaran  $\pm 0,35$  mm dan ketebalan total  $\pm 1,05$  mm dimana pada bagian tengah sampel diberikan *artificial void* masing-masing lembar sampel, dengan volume *void* total  $27,49\text{mm}^3$ . Tegangan tinggi yang diaplikasikan dinaikan dengan laju kenaikan  $100\text{ V/s}$ . Perekaman data PD dilakukan selama 50 detik (2500 gelombang), parameter PD yang akan diambil yaitu jumlah PD, sudut *phasa*, dan muatan PD ( $n$ ,  $p$ ,  $q$ ). Pengujian sampel *epoxy resin* dilakukan menggunakan elektroda piring-piring dengan diameter elektroda tegangan tinggi 4 cm dan elektroda *grounding* berdiameter 5,5 cm, sampel *epoxy resin multilayer* diletakan diantara kedua elektroda tanpa adanya jarak celah dan saat pengukuran berlangsung dilakukan peningkatan nilai tegangan sebesar 1,1; 1,2; dan 1,3; terhadap nilai tegangan saat PDIV. Hasil pengukuran menunjukkan semakin besar tegangan maka jumlah PD yang didapatkan semakin besar, bertambahnya jumlah PD juga terjadi dengan bertambahnya jumlah *void* pada sampel, peningkatan jumlah PD diringi dengan semakin mengecilnya sudut fasa dan meningkatnya arus peluahan yang terjadi.

**Kata Kunci:** *Epoxy Resin, Multilayer, Partial Discharge, Void*

**ABSTRACT**  
**EFFECT OF AIR VOIDS IN EPOXY RESIN**  
**INSULATION ON PARTIAL DISCHARGE**  
**(PD) CHARACTERISTICS**

(Isromi Fadlu Rahman Ludo, 03041382025095, 2024, xxii + 53 pages + appendix)

---

---

This research studies the effect of air voids in epoxy resin insulation on partial discharge (PD) characteristics. Tests were carried out on multilayer epoxy resin samples with a thickness of  $\pm 0.35$  mm each sheet and a total thickness of  $\pm 1.05$  mm where in the center of the sample artificial voids were given to each sample sheet, with a total void volume of  $27.49\text{mm}^3$ . The applied high voltage was increased at a rate of 100 V/s. PD data recording is carried out for 50 seconds (2500 waves), the PD parameters to be taken are the number of PD, phase angle, and PD charge (n, p, q). Testing of epoxy resin samples was carried out using plate-plate electrodes with a diameter of 4 cm high-voltage electrodes and 5.5 cm diameter grounding electrodes, multilayer epoxy resin samples were placed between the two electrodes without any gap and during the measurement, the voltage value was increased by 1.1; 1.2; and 1.3; to the voltage value at PDIV. The measurement results show that the greater the voltage, the greater the number of PDs obtained, the increase in the number of PDs also occurs with the increase in the number of voids in the sample, the increase in the number of PDs is accompanied by a decreasing phase angle and an increase in the discharge current that occurs.

**Keywords:** *Epoxy Resin, Multilayer, Partial Discharge, Void*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</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>ix</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</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.....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Hipotesis .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Isolasi .....	5
2.2. Isolasi Polimer .....	6
2.3. <i>Epoxy resin</i> .....	7

2.4. Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat .....	8
2.5. Kekuatan Dielektrik .....	11
2.6. Peluahan Sebagian ( <i>Partial discharge</i> ) .....	12
2.7. Kapasitansi .....	14
2.8. Studi Literatur .....	16
<b>BAB III METODOLOGI DAN EKSPERIMENTAL.....</b>	<b>21</b>
3.1. Pendahuluan .....	21
3.2. Metode yang digunakan .....	22
3.3. Bahan .....	24
3.3.1. <i>Epoxy resin</i> dan <i>Hardener</i> .....	24
3.4. Peralatan .....	24
3.4.1. Pembangkit Tegangan Tinggi Bolak Balik .....	24
3.4.2. <i>High Voltage Probe</i> tipe <i>Tetronix P6015A</i> .....	25
3.4.3. Tahanan Tinggi .....	25
3.4.4. <i>Picoscope 4000 series</i> .....	26
3.4.5. <i>Pearson Current Monitor</i> model 411 .....	26
3.4.6. <i>Vacuum Drying Oven</i> .....	26
3.4.7. Neraca Digital .....	26
3.4.8. Jangka Sorong Digital .....	26
3.5. Sistem Elektroda .....	26
3.6. Sampel yang digunakan .....	27
3.6.1. Proses Pembuatan Sampel .....	27
3.6.2. Pembuatan Rongga Udara ( <i>Void</i> ) .....	30
3.7. Rangkaian Pengujian .....	30
3.8. Prosedur Pengujian .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Umum .....	35

4.2. Data Hasil Penelitian .....	35
4.3. Diskusi .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1. Kesimpulan .....	53
5.2. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme kegagalan isolasi .....	9
Gambar 2. 2 Sumber <i>partial discharge</i> .....	13
Gambar 2. 3 Rangkaian ekuivalen isolasi yang memiliki <i>void</i> .....	14
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3. 2 <i>Epoxy resin</i> dan <i>hardener</i> .....	24
Gambar 3. 3 Pembangkit tegangan tinggi bolak balik .....	24
Gambar 3. 4 <i>HV Probe</i> tipe Tetronix P6015A .....	25
Gambar 3. 5 Tahanan tinggi .....	25
Gambar 3. 6 Sistem elektroda .....	27
Gambar 3. 7 Alur proses pembuatan sampel uji .....	29
Gambar 3. 8 Rangkaian pengujian pengukuran parameter PD .....	32
Gambar 4. 1 Grafik <i>partial discharge inception voltage</i> .....	35
Gambar 4. 2 PD <i>pattern</i> sampel Kontrol <i>Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	36
Gambar 4. 3 PD <i>pattern</i> sampel dengan 1 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	36
Gambar 4. 4 PD <i>pattern</i> sampel dengan 2 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	37
Gambar 4. 5 PD <i>pattern</i> sampel dengan 3 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	37
Gambar 4. 6 PD <i>pattern</i> sampel dengan 4 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	38
Gambar 4. 7 PD <i>pattern</i> sampel dengan 5 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,1 terhadap nilai PDIV .....	38
Gambar 4. 8 PD <i>pattern</i> sampel Kontrol <i>Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,2 terhadap nilai PDIV .....	39

Gambar 4. 9 PD <i>pattern</i> sampel dengan 1 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,2 terhadap nilai PDIV .....	39
Gambar 4. 10 PD <i>pattern</i> sampel dengan 2 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	40
Gambar 4. 11 PD <i>pattern</i> sampel dengan 3 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	40
Gambar 4. 12 PD <i>pattern</i> sampel dengan 4 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,2 terhadap nilai PDIV .....	41
Gambar 4. 13 PD <i>pattern</i> sampel dengan 5 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,2 terhadap nilai PDIV .....	41
Gambar 4. 14 PD <i>pattern</i> sampel Kontrol <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	42
Gambar 4. 15 PD <i>pattern</i> sampel dengan 1 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	42
Gambar 4. 16 PD <i>pattern</i> sampel dengan 2 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	43
Gambar 4. 17 PD <i>pattern</i> sampel dengan 3 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	43
Gambar 4. 18 PD <i>pattern</i> sampel dengan 4 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	44
Gambar 4. 19 PD <i>pattern</i> sampel dengan 5 <i>Void Epoxy Resin multilayer</i> tegangan 1,3 terhadap nilai PDIV .....	44
Gambar 4. 20 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel kontrol .....	45
Gambar 4. 21 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel 1 Void (Vn1) .....	45
Gambar 4. 22 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel 2 Void (Vn2) .....	46



Gambar 4. 23 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel 3 Void (Vn3)	46
Gambar 4. 24 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel 4 Void (Vn4)	47
Gambar 4. 25 Jumlah PD pada tegangan berbeda pada sampel 5 Void (Vn5)	47
Gambar 4. 26 Kemungkinan terjadinya PD	48
Gambar 4. 27 Waktu tunda ( <i>time lag</i> ) terjadinya PD pada tegangan yang diaplikasikan	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi material isolasi padat .....	6
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu yang telah dilakukan .....	16
Tabel 3. 1 Keterangan komponen sistem elektroda .....	27

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 Perhitungan Muatan .....	12
Persamaan 2. 2 Kolerasi antara kapasitansi dengan dielektrik.....	15

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proses pembuatan sampel *epoxy resin*
- Lampiran 2 Pengukuran rata-rata sisi sampel uji
- Lampiran 3 Nilai kapasitansi sampel
- Lampiran 4 Perhitungan muatan listrik
- Lampiran 5 Data hasil percobaan
- Lampiran 6 Lembar Plagiarisme *Turnitin*
- Lampiran 7 SULIET/USEPT

## NOMENKLATUR

$Q$	: Muatan
$C$	: Kapasitansi
$V$	: Tegangan
$C_g$	: Kapasitansi Gap Udara
$g$	: Jarak Celah Udara
$C_d$	: Kapasitansi Bahan Dielektrik
$\epsilon_r$	: Permittivitas Dielektrik
$\epsilon_0$	: Permittivitas Vakum
$A$	: Luas Permukaan Elektroda
$d_d$	: Tebal Bahan Dielektrik
$^\circ$	: Derajat

## DAFTAR ISTILAH

<i>Breakdown voltage</i>	: Tegangan tembus
<i>Discharge</i>	: Peluahan
<i>Partial Discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Flashover</i>	: Loncatan bunga api
<i>Sparkover</i>	: Percikan api
<i>Multilayer</i>	: Berlapis/Lapisan
<i>Void</i>	: Rongga udara
<i>Artificial Void</i>	: Rongga buatan
<i>Hydrophobik</i>	: Menolak air
<i>Protrusion</i>	: Tonjolan
<i>Impurities</i>	: Ketidakmurnian
<i>Epoxy Resin</i>	: Epoksi resin
<i>Hardener</i>	: Pengeras
<i>Avalance</i>	: Banjiran

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada masa sekarang kebutuhan terhadap energi listrik semakin meningkat, dengan meningkatnya kebutuhan terhadap energi listrik diperlukan juga sistem proteksi yang handal untuk menunjang itu, salah satu komponen utama dalam sistem ketenagalistrikan yang diperuntukan sebagai proteksi adalah isolasi. Isolasi dalam sistem ketenagalistrikan dibutuhkan karena berfungsi untuk menghindari terjadinya kebocoran arus, *flashover* dan gangguan lainnya yang disebabkan oleh faktor internal seperti kegagalan bahan isolasi atau faktor eksternal yang diakibatkan oleh lingkungan sekitar, isolasi juga digunakan sebagai pemisah antara komponen yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan, bahan isolasi penting untuk menjaga bagian-bagian ini untuk tidak saling bersentuhan karena dapat menimbulkan hubung singkat yang dapat merusak peralatan pada sistem kelistrikan yang berakibat kepada kegagalan penyaluran energi listrik.

Terdapat beberapa bahan utama yang digunakan untuk isolasi. Material yang umum digunakan untuk pembuatan isolator diantaranya porselin/keramik dan kaca/gelas, tetapi semakin berkembangnya penggunaan isolator dalam sistem tenaga listrik kebutuhan terhadap material isolasi yang dapat menciptakan sistem dengan keandalan optimal dan biaya yang efisien makin meningkat, salah satu bahan yang dikembangkan guna mewujudkan hal tersebut adalah *epoxy resin*. Isolator polimer *epoxy resin* memiliki keunggulan diantaranya adalah ketahanan yang tinggi terhadap asam, memiliki sifat menolak air (*hydrophobik*) dan proses pembuatan yang lebih cepat dibanding isolator berbahan keramik dan kaca [1][2]. Penggunaan isolator polimer *epoxy resin* dapat ditemukan pada transformator, sistem

transmisi, peralatan industri dan komponen listrik lainnya hal ini dikarenakan kekuatan insulasi dan mekanik yang dimiliki oleh *epoxy* [3][4]. Meskipun isolasi padat *epoxy resin* memiliki berbagai kelebihan terdapat kemungkinan terjadi cacat atau kerusakan seperti adanya rongga udara (*void*) pada bahan isolasi tersebut.

Rongga udara (*void*) pada isolasi sulit untuk benar-benar dihilangkan, salah satu penyebab munculnya rongga udara pada bahan isolasi padat adalah ketidaksempurnaan saat proses pencampuran atau pembuatan isolasi, terlebih lagi jika isolasi tersebut dibuat secara masal dimana kemungkinan kecacatan untuk muncul tidaklah kecil utamanya kecacatan berupa rongga udara (*void*). Kecacatan rongga udara (*void*) dapat muncul akibat dari udara yang terperangkap saat proses pembuatan bahan isolasi, hal ini dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik bahan, seperti penurunan kekuatan, kinerja mekanik dan keandalan peralatan yang menggunakan bahan tersebut akan menurun [5].

Karena pengaruh dari timbulnya rongga udara (*void*) pada isolasi *epoxy resin* memiliki dampak negatif terhadap keberlangsungan/ketahanan isolasi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh rongga udara (*void*) dalam lapisan isolasi *epoxy resin* terhadap karakteristik *partial discharge inception voltage* (PDIV) agar langkah-langkah untuk mencegah hal tersebut dapat dilakukan. Sampel yang akan diuji dalam penelitian ini adalah *epoxy resin* yang akan disusun lebih dari satu (*multilayer*) dengan perbedaan ukuran rongga udara (*void*) berdasarkan volume dari rongga udara (*void*).



## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang dapat diketahui bahwa adanya rongga udara (*void*) pada isolasi padat *epoxy resin* menjadi salah satu penyebab terjadinya *partial discharge* (PD). Penelitian ini akan melaporkan tentang pengaruh dari rongga udara (*void*) didalam isolasi. Skripsi ini juga mempelajari tentang pola PD (*PD pattern*) pada bahan isolasi yang berlapis-lapis (*multilayer*) dan diberikan *void* dengan 5 macam variasi jumlah dan ukuran.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh rongga udara terhadap parameter PD pada isolasi polimer dari jenis *epoxy resin*;
2. Mendapatkan parameter jumlah, fasa dan muatan (n, p, q) dari sampel uji berbahan *epoxy resin multilayer*;
3. Mengetahui dan mendapatkan pola *partial discharge* yang terjadi pada sampel uji *epoxy resin multilayer*.

## 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh:

1. Pada penelitian ini menggunakan rongga udara (*void*) buatan dengan beberapa variasi ukuran berdasarkan besar volume rongga udara (*void*)
2. Elektroda yang digunakan adalah elektroda piring-piring
3. Penelitian dilakukan dalam kondisi temperatur, tekanan dan kelembapan ruang
4. Sampel yang digunakan adalah *epoxy resin multilayer* dengan ketebalan total  $\pm 1,05$  mm.

## 1.5. Hipotesis

Rongga udara (*void*) yang berada pada bahan isolasi padat *epoxy resin* diduga memiliki dampak negatif yakni dapat mempengaruhi banyaknya peristiwa *partial discharge* (PD) yang terjadi dan waktu yang dibutuhkan untuk *partial discharge* (PD) terjadi semakin singkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Indah, “Karakteristik Dielektrik Isolator Polimer Resin Epoksi Berbahan Pengisi Abu Tongkol Jagung,” *Electrician*, vol. 14, no. 2, pp. 40–45, 2020, doi: 10.23960/elc.v14n2.2122.
- [2] Y. H. Pesa and F. Murdiya, “Karakteristik Tegangan Tembus AC pada Material Isolasi Padat Campuran Epoxy Resin dengan Cangkang Kelapa Sawit,” vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [3] X. Zhang, H. Lin, Y. Hu, D. Ding, F. Cai, and Y. Wu, “Electric tree intrinsic self-healing epoxy insulating materials based on disulfide bond,” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 218, no. August, p. 110567, 2023, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2023.110567.
- [4] Y. Otake *et al.*, “Influence of Defect Size on Insulation Deterioration of Epoxy Resins with Voids,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 28, no. 1, pp. 52–57, 2021, doi: 10.1109/TDEI.2020.008990.
- [5] Y. Deng, Q. Wang, J. Ma, J. T. Oh, and Z. Chen, “The combined impact of voids and thermal aging on the mechanical reliability of epoxy resin evaluated by statistical analysis,” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 215, no. June, p. 110455, 2023, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2023.110455.
- [6] D. Marsudi, P. Generator, and B. Tobing, *Peralatan Tegangan tinggi*. 2012.
- [7] J. Heri and A. Syakur, “Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai),” *Transmisi*, vol. 14, no. 1, pp. 20–37–37, 2012.
- [8] Mika, L. S. Patras, and F. Lisi, “Perancangan Pendeteksi Partial Discharge Pada Isolasi Padat,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 3, pp. 161–170, 2019.

- [9] M. S. Naidu and V. Kamaraju, *High Voltage Engineering Second Edition*. 1995.
- [10] T. Prasetyo, H. Berahim, and T. Haryono, "Pengujian Sudut Kontak Pada Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Pengisi Pasir Pantai Yang Mengandung Banyak Kalsium," *Media Elektr.*, vol. 5, no. 1, pp. 55–63, 2012.
- [11] M. Peerzada, S. Abbasi, K. T. Lau, and N. Hameed, "Additive Manufacturing of Epoxy Resins: Materials, Methods, and Latest Trends," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 59, no. 14, pp. 6375–6390, 2020, doi: 10.1021/acs.iecr.9b06870.
- [12] R. Arora and W. Mosch, *High Voltage And Electrical Insulation Engineering*. 2011.
- [13] Y. P. Winarko Ari, Abdul Syakur, "Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, pp. 1–8, 2009.
- [14] H. Berahim, K. T. Sirait, and H. Prabowo, "Influence of the Filler Treatment on Dielectric," *8th Int. Conf. on. IEEE*, pp. 599–602, 2006.
- [15] M. Ghozali, A. Haryono, A. H. Saputra, and E. Triwulandari, "Pengaruh 1,4-Butandiol Sebagai Poliol Pada Modifikasi Epoksi Menggunakan Poliuretan," *J. Kim. Terap. Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, 2015, doi: 10.14203/jkti.v17i1.17.
- [16] L. I. Berger, "Dielectric strength of materials," *Handb. Chem. Phys.*, pp. 15–34, 2014.
- [17] N. H. Malik, A. A. Al-arainy, and M. I. Qureshi, *Electrical Insulation in Power Systems*. 1998.
- [18] T. Dermawan, E. Nuraini, and Suyamto, "Pengaruh komposisi resin terhadap sifat elektrik dan mekanik untuk bahan isolator tegangan

- tinggi,” *Issn*, vol. 13, pp. 8–16, 2012.
- [19] S. M. Devy Martoni, Ir. Yuningtyastuti, Abdul Syakur, “Analisis Karakteristik Peluahan Sebagian Pada Model Void Berdasarkan Fungsi Waktu Dan Tegangan Dalam Polyvinyl Chloride (PVC),” *Dipenogoro Univ.*, pp. 1–11, 2008.
- [20] D. Kind and H. Karner, *High-Voltage Insulation Thchnology*. 1985.
- [21] F. H. Kreuger, *Industrial High Volatge*. 1995.
- [22] P. Siagian and Z. Tharo, “Pengaruh Tekanan Terhadap Inception Partial Discharge Pada Bahan Dielektrik Komposit Dan Non-Komposit,” *Semnastek Uisu*, vol. 1, no. 1, pp. 134–141, 2020.
- [23] 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.
- [24] S. J. Ling, J. Sanny, and W. Moebs, *University Physics Volume 2*. .
- [25] S. A and J. W, “Fisika untuk Sains dan Teknik,” 2003.
- [26] M. Florkowski, B. Florkowska, M. Kuniewski, and P. Zydron, “Mapping of discharge channels in void creating effective partial discharge area,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 25, no. 6, pp. 2220–2228, 2018, doi: 10.1109/TDEI.2018.007426.
- [27] T. G. Aakre, E. Ildstad, and S. Hvidsten, “Partial discharge inception voltage of voids enclosed in epoxy/mica versus voltage frequency and temperature,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 27, no. 1, pp. 214–221, 2020, doi: 10.1109/TDEI.2019.008394.
- [28] J. M. Rodríguez-Serna, R. Albarracín-Sánchez, M. Dong, and M. Ren, “Computer simulation of partial discharges in voids inside epoxy resins using three-capacitance and analytical models,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 1, 2020, doi:

10.3390/polym12010077.

- [29] T. Umemoto, S. Yoshida, H. Muto, and M. Kurimoto, "Critical Agglomerate Size for Electrical Insulation Lifetime Extension of Epoxy/TiO<sub>2</sub>Nanocomposite with a Void Defect," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 28, no. 1, pp. 282–289, 2021, doi: 10.1109/TDEI.2020.009038.
- [30] H. Illias, Teo Soon Yuan, A. H. A. Bakar, H. Mokhlis, G. Chen, and P. L. Lewin, "Partial discharge patterns in high voltage insulation," *PECon 2012 - 2012 IEEE Int. Conf. Power Energy*, no. December, pp. 750–755, 2012, doi: 10.1109/PECon.2012.6450316.