

**SKRIPSI**

**PENGARUH *STOICHIOMETRY* TERHADAP TEGANGAN TEMBUS  
AC PADA MATERIAL ISOLASI *EPOXY RESIN* BERPENGISI  $\text{Al}_2\text{O}_3$**



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

**Oleh:**

**PRANAVA GOVINDRA  
NIM. 03041381924079**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH *STOICHIOMETRY* TERHADAP TEGANGAN TEMBUS  
AC PADA MATERIAL ISOLASI *EPOXY RESIN* BERPENGISI  $Al_2O_3$**

Oleh:  
**PRANAVA GOVINDRA**  
NIM. 03041381924079

**Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan**

**Palembang, Juli 2023**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro,**



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

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH *STOICHIOMETRY* TERHADAP TEGANGAN TEMBUS  
AC PADA MATERIAL ISOLASI *EPOXY RESIN* BERPENGISI  $Al_2O_3$**

Oleh:

**PRANAVA GOVINDRA  
NIM. 03041381924079**

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

**Palembang, Juli 2023  
Dosen Pembimbing**



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

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Pranava Govindra  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041381924079  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya  
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 10%

Menyatakan bahwa,

Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh *Stoichiometry* Terhadap Tegangan Tembus AC Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* Berpengisi  $Al_2O_3$ ”, merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya.

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

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

Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan,



Pranava Govindra  
NIM. 03041381924079

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

Tanggal : Juli 2023

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh *Stoichiometry* Terhadap Tegangan Tembus AC Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* Berpengisi  $Al_2O_3$ ”. Skripsi ini penulis buat guna memenuhi persyaratan Pendidikan di Universitas Sriwijaya. Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari banyak pihak sehingga dapat melewati kesulitan dan tantangan. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.

Dalam pembuatan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan bahkan jauh dari kata sempurna. Akhir kata Penulis mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam bidang Teknik Elektro.

Palembang, Juli 2023



Pranava Govindra  
NIM. 03041381924079

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ilmiah skripsi ini saya dedikasikan dan persembahkan sebagai penghargaan dan rasa hormat saya kepada:

- Orang tua yang penulis sangat cintai Rahmadi Gunawan dan Nera Lestari, Kakak Aditya Gurindra yang selalu memberikan segala bentuk bantuan dan senantiasa mendoakan tanpa henti;
- Bapak Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU, Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T., dan Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. yang memberikan bimbingan untuk menyelesaikan tugas akhir;
- Rektor Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE, IPU, MKU, ASEAN.Eng. dan Dekan Fakultas Teknik Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.;
- Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku ketua jurusan dan selaku dosen pembimbing akademik, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- Pranata, Senior di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Mbak Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., Kak Ferlian Seftianto S.T.;
- Semua anggota Laboratorium *Electrical Energy and Safety* yang terlibat dalam penelitian Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik (TTTTPL) angkatan 2019 yaitu Bintang, Yogi, Iqbal, Dicky, Fathan, Disha, Dessy, Kiki, Nadia, Azmi, Fadil, Dani, Sandy, dan Tio;
- Kimena Rizki Andini yang selalu mendampingi selama proses perkuliahan hingga pengerjaan tugas akhir ini;
- Pihak-pihak yang telah membantu selama melaksanakan skripsi yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Saya berdoa kepada Allah SWT agar semua kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan menjadi amal dan pahala.

Palembang, Juli 2023



Pranava Govindra  
NIM. 03041381924079

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Pranava Govindra  
NIM : 03041381924079  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Pengaruh *Stoichiometry* Terhadap Tegangan Tembus AC Pada Material Isolasi *Epoxy Resin* Berpengisi  $Al_2O_3$ ” 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,



Pranava Govindra  
NIM. 03041381924079



## ABSTRAK

### PENGARUH *STOICHIOMETRY* TERHADAP TEGANGAN TEMBUS AC PADA MATERIAL ISOLASI *EPOXY RESIN* BERPENGGISI $Al_2O_3$

(Pranava Govindra, 03041381924079, 2023, xx + 49 Halaman + Lampiran)

Selama ini material polimer seperti *epoxy resin* yang banyak digunakan sebagai bahan isolasi pada perangkat listrik, tetapi material polimer *epoxy resin* umumnya rentan terhadap pengaruh lingkungan dan terpaan medan listrik. Untuk meningkatkan kekurangan isolasi polimer *epoxy resin* dapat dilakukan penambahan partikel. Penambahan partikel yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kualitas isolasi *epoxy resin*, maka diperlukan metode *stoichiometry* untuk menentukan komposisi yang tepat dalam pembuatan sampel. Pada material isolasi *epoxy resin* diberi pengisi  $Al_2O_3$  dengan variasi konsentrasi 0; 2; 2.5; 3; dan 5 wt% dengan variasi rasio pengeras 100; 90; dan 80 HP. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Mc Keown Test Specimen* dengan aplikasi tegangan bolak-balik yang dinaikkan secara perlahan dengan laju kenaikan 100 V/detik. Sampel uji akan dibentuk berukuran 9 mm x 9 mm dan tebal 0,5 mm. Hasil pengujian menunjukkan penambahan bahan pengisi Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ) pada material isolasi *Epoxy Resin* dapat meningkatkan resistivitas dan konduktivitas termal sehingga dapat menahan *stress* tegangan lebih baik. Akan tetapi, jika penambahan pengisi berlebihan maka akan menyebabkan nilai tegangan tembus semakin rendah. Nilai rata-rata PDIV yang didapat untuk sampel uji *epoxy resin* dengan variasi pengeras sebesar 100 HP secara berturut-turut adalah 1.704; 1.7374; 1.7258; 1.7106; dan 1.6894 kV. Dengan variasi pengeras sebesar 90 HP secara berturut-turut adalah 1.7068; 1.783; 1.7588; 1.7508; dan 1.7102 kV. Dengan variasi pengeras sebesar 80 HP secara berturut-turut adalah 1.71; 1.7348; 1.7038; 1.6994; dan 1.6754 kV. Sedangkan untuk nilai rata-rata  $V_{BD}$  dengan variasi 100 HP secara berturut-turut adalah 4.0504; 4.1474; 4.1014; 4.0706; dan 4.0528. Dengan variasi pengeras sebesar 90 HP secara berturut-turut adalah 4.1992; 4.2748; 4.2198; 4.198; dan 4.1468 kV. Dengan variasi pengeras sebesar 80 HP secara berturut-turut adalah 4.027; 4.062; 4.0314; 3.9874; dan 3.9082 kV.

**Kata Kunci :** *Epoxy Resin*, *Stoichiometry*, Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ), *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV), *Breakdown Voltage* ( $V_{BD}$ ).

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF STOICHIOMETRY ON AC BREAKDOWN VOLTAGE IN EPOXY RESIN ISOLATION MATERIALS FILLED WITH $\text{Al}_2\text{O}_3$

(Pranava Govindra, 03041381924079, 2023, xx + 49 Pages + Appendices)

Polymeric materials such as epoxy resin are widely used as insulating materials in electrical devices, but polymer epoxy resin materials are generally susceptible to environmental influences and exposure to electric fields. To improve the insulating deficiencies of epoxy resin polymers, additional particles can be added. The addition of excess particles can result in a decrease in the quality of the epoxy resin insulation, then a stoichiometry method is needed to determine the right composition in making the sample. The epoxy resin insulating material is filled with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  with various concentrations of 0; 2; 2.5; 3; and 5 wt% with various hardener ratios of 100; 90; and 80 HP. The test was carried out using the Mc Keown Test Specimen method with the application of an alternating voltage which was increased slowly at an increase rate of 100 V/s. The test sample will be formed measuring 9 mm x 9 mm and 0.5 mm thick. The test results show that the addition of Aluminum Oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) to the Epoxy Resin insulation material can increase the resistivity and thermal conductivity so that it can withstand stress better. However, if the addition of excessive filler will cause the value of the breakdown voltage to be lower. The average PDIV value obtained for the epoxy resin test samples with a hardener variation of 100 HP respectively was 1,704; 1.7374; 1.7258; 1.7106; and 1.6894 kV. With a hardener variation of 90 HP respectively, it is 1.7068; 1,783; 1.7588; 1.7508; and 1.7102 kV. With a hardener variation of 80 HP respectively, it is 1.71; 1.7348; 1.7038; 1.6994; and 1.6754 kV. Meanwhile, the average value of VBD with 100 HP variations is 4.0504; 4.1474; 4.1014; 4.0706; and 4.0528. With a hardener variation of 90 HP, the successive numbers are 4.1992; 4.2748; 4.2198; 4,198; and 4.1468 kV. With a hardener variation of 80 HP, the number is 4,027; 4,062; 4.0314; 3.9874; and 3.9082 kV.

**Keywords :** *Epoxy Resin, Stoichiometry, Aluminium Oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Partial Discharge Inception Voltage (PDIV), Breakdown Voltage ( $V_{BD}$ ).*

## 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>viii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>NOMENKLATUR .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR ISTILAH.....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Sistematika Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Isolator .....	6
2.2. Isolasi Polimer .....	6
2.3. <i>Epoxy Resin</i> .....	7

2.4.	Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	8
2.5.	Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ) .....	8
2.6.	Kekuatan Dielektrik .....	9
2.7.	<i>Stoichiometry</i> .....	10
2.8.	Peluhan Sebagian ( <i>Partial Discharge</i> ) .....	10
2.9.	Mekanisme Kegagalan Pada Isolasi Padat.....	14
2.10.	<i>Mc Keown Test Specimen</i> .....	19
2.11.	Penelitian Sebelumnya .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>24</b>
3.1.	Metode Penelitian .....	24
3.2.	Diagram Alir.....	26
3.3.	Bahan .....	27
3.3.1.	<i>Epoxy Resin</i> dan <i>Hardener</i> .....	27
3.3.2.	Aluminium Oksida.....	28
3.3.3.	<i>Conductive Silver Paint</i> .....	29
3.4.	Peralatan.....	29
3.4.1.	Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik.....	29
3.4.2.	<i>High Voltage Probe</i> .....	30
3.4.3.	<i>Vacuum Drying Oven</i> .....	31
3.4.4.	Neraca Analitik.....	31
3.4.5.	<i>Picoscope</i> tipe <i>4000 series</i> .....	32
3.4.6.	<i>Pearson Current Monitor</i> .....	32
3.4.7.	Jangka Sorong Digital .....	33
3.5.	Pembuatan Sampel.....	33
3.5.1.	Bahan dan Komposisi.....	33
3.5.2.	Persiapan Sampel.....	33
3.5.3.	Proses Pembuatan Sampel Uji .....	35
3.6.	Sistem Elektroda.....	36

3.7.	Rangkaian Pengujian.....	38
3.8.	Prosedur Pengujian .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>42</b>
4.1.	Umum .....	42
4.2.	Data Hasil Pengujian.....	42
4.3.	Diskusi .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>48</b>
5.1.	Kesimpulan.....	48
5.2.	Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Internal Discharge .....	11
Gambar 2.2 Surface Discharge .....	11
Gambar 2.3 Corona Discharge.....	12
Gambar 2.4 (a) Rangkaian Ekvivalen dari Void untuk PD dan (b) Bentuk Gelombang .....	12
Gambar 2.5 Mekanisme Kegagalan Pada Bahan Isolasi Padat .....	15
Gambar 2.6 Kegagalan Streamer dengan Elektroda Bidang-Jarum .....	18
Gambar 2.7 Mc Keown Test Specimen.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Epoxy Resin dan Hardener .....	28
Gambar 3.3 Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ).....	28
Gambar 3.4 Conductive Silver Paint MJ Chemical.....	29
Gambar 3.5 Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik.....	30
Gambar 3.6 High Voltage Probe tipe Tektronix P6015A.....	30
Gambar 3.7 Vacuum Drying Oven.....	31
Gambar 3.8 Neraca Analitik .....	31
Gambar 3.9 Picoscope tipe 4000series .....	32
Gambar 3.10 Pearson Current Monitor model 411 .....	32
Gambar 3.11 Jangka Sorong Digital.....	33
Gambar 3.12 Proses Pembuatan Sampel Uji.....	35
Gambar 3.13 Proses Pembuatan Sistem Elektroda.....	36
Gambar 3.14 Mc Keown Test Specimen .....	37
Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian .....	39
Gambar 4.1 Nilai PDIV pada variasi konsentrasi pengisi dengan variasi persentase pengeras.....	43

Gambar 4.2 Nilai Tegangan Tembus pada variasi konsentrasi pengisi dengan variasi persentase pengeras.....44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul riset .....	20
Tabel 3.1 Karakteristik Aluminium Oksida .....	29
Tabel 3.2 Nama, Komposisi dan Volume Pengisi Sampel.....	34



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 .....	13
Persamaan 2.2 .....	13
Persamaan 2.3 .....	14
Persamaan 2.4 .....	14
Persamaan 2.5 .....	16
Persamaan 2.6 .....	16
Persamaan 2.7 .....	16
Persamaan 2.8 .....	16
Persamaan 2.9 .....	17
Persamaan 2.10 .....	17
Persamaan 2.11 .....	17
Persamaan 2.12 .....	18
Persamaan 2.13 .....	18

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
- Lampiran 2 Pengukuran Rata-Rata Sisi Sampel Uji
- Lampiran 3 Data Hasil Pengukuran
- Lampiran 4 Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Gabungan dan Kapasitansi
- Lampiran 5 Rekaman Gelombang Sinusoidal Pada Experimental Menggunakan *Software Picoscope 4000 Series*
- Lampiran 6 Lembar Plagiarisme Turnitin
- Lampiran 7 SULIET/USEPT

## NOMENKLATUR

$f$	: Frekuensi (Hz)
$\delta$	: <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 hilangnya panas
$Y$	: Modulus young
$V_{inc}$	: Tegangan awal peluahan (Volt)
$E_b$	: Medan tembus ( $Vb/t'$ )
$\epsilon_r$	: Permittivitas relatif dari dielektrik padat
$C_{void}$	: Kapasitansi bahan dielektrik (Farad)
$\Delta V$	: Tegangan yang diterapkan pada bahan dielektrik (V)
$n_{pd}$	: Nilai <i>partial discharge</i> per-setengah siklus tegangan diterapkan
$V$	: Tegangan yang diterapkan (kV)

## DAFTAR ISTILAH

<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Bubble</i>	: Gelembung udara pada sampel
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan tembus
<i>Corona Discharge</i>	: Peluahan korona
<i>Defect</i>	: Cacat
<i>Electrical stress</i>	: Tekanan listrik
<i>Epoxy Resin</i>	: Resin epoksi
<i>Flashover</i>	: Lompatan bunga api listrik
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi
<i>Hardener</i>	: Pengeras/katalis
<i>Impurities</i>	: Ketidakmurnian
<i>Breakdown</i>	: Tembus
<i>Internal discharge</i>	: Peluahan yang terjadi didalam material
<i>Partial discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Partial discharge Inception Voltage</i>	: Tegangan awal peluahan
<i>Porcelin</i>	: Keramik
<i>Sheet</i>	: Lembaran
<i>Stainless Steel</i>	: Baja anti karat (stainlis)
<i>Stoichiometry</i>	: Stoikiometri
<i>Stress</i>	: Tekanan
<i>Surface Discharge</i>	: Peluahan yang terjadi di permukaan
<i>Outdoor insulation</i>	: Isolasi pasangan luar
<i>Protrusion</i>	: Tonjolan
<i>Void</i>	: Rongga udara

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan untuk komponen sistem tenaga yang ditandai dengan meningkatnya kebutuhan tenaga listrik, maka sistem isolasi pada sistem tenaga listrik perlu diperhatikan [1]. Isolator merupakan salah satu komponen yang penting pada sistem tenaga listrik. Pada bagian karakteristik elektrik, bahan isolasi harus dapat menjalankan fungsinya sebagai pemisah atau penyekat dari dua bagian yang memiliki tegangan sehingga tidak terjadi hubung singkat, kebocoran arus dan juga *flashover*, yang berujung terjadinya kegagalan isolasi. Pada bagian karakteristik mekanis, bahan isolasi harus dapat menahan beban atau perlakuan yang diterima oleh bahan isolasi, seperti terkena pengaruh lingkungan sekitar yaitu cahaya matahari dan air hujan terus-menerus yang dapat mengubah sifat fisik dari bahan isolasi [2].

Selama ini bahan yang digunakan dalam pembuatan isolator yang sering dipakai adalah bahan dari porselin/keramik dan kaca/gelas, tetapi dengan perkembangan teknologi maka dikembangkannya penggunaan bahan polimer seperti *epoxy resin* yang banyak digunakan sebagai bahan isolasi pada perangkat listrik, seperti switchgear, terminasi kabel dan busing. Kelebihan dari isolator polimer *epoxy resin* yaitu memiliki resistivitas volume yang lebih tinggi dan memiliki beban ringan. Kelebihan lain adalah biaya produksi yang murah, kekuatan mekanik yang baik dan prosesnya cepat. Tetapi degradasi yang mengakibatkan penuaan dapat terjadi pada material polimer *epoxy resin* yang disebabkan terpaan medan listrik dan pengaruh lingkungan [3][4].

Untuk meningkatkan kekurangan isolasi polimer *epoxy resin* dapat dilakukan penambahan partikel yang bertujuan untuk meningkatkan sifat dielektrik dan mengatasi keterbatasan dari *epoxy resin*. Salah satu contoh penambahan partikel yang digunakan pada penelitian adalah Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Partikel Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) cukup terkenal memiliki sifat termal dan mekanik yang baik untuk digunakan sebagai isolator listrik. Kelebihan dari partikel Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) antara lain memiliki konduktivitas dan ketangguhan yang baik [5].

Penambahan partikel yang berlebih dapat mengakibatkan penurunan kualitas isolasi *epoxy resin*, maka diperlukan metode *stoichiometry* untuk menentukan komposisi yang tepat dalam pembuatan sampel, dimana metode ini mengukur hubungan kuantitatif yang digunakan untuk menentukan jumlah produk dan reaktan yang dibutuhkan [1][6]. Pada penelitian ini dilakukan studi mengenai pengaruh *stoichiometry* pada tegangan tembus AC pada material isolasi *epoxy resin* dengan pengisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Dimana metode *stoichiometry* ini diterapkan dalam menentukan jumlah perbandingan antara penambahan penguas pada *epoxy resin* dan penambahan partikel Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang akan dicampur dengan *epoxy resin* sehingga mendapatkan material isolasi baru yang memiliki kinerja yang baik sebagai alternatif bahan isolasi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Pentingnya peran isolator dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, maka pemahaman tentang karakteristik material isolasi seperti daya tahan mekanis dan elektrik yang baik melalui penelitian menjadi penting untuk dilakukan. Material isolasi jenis polimer seperti *Epoxy Resin* memiliki keunggulan yaitu ringan, mudah dibentuk sesuai kebutuhan dan tahan korosi, namun memiliki kelemahan yaitu rentan terhadap kelembaban, radiasi

ultraviolet, kekuatan tarik dan kekuatan tekuk yang rendah [7]. Keterbatasan ini diduga dapat diatasi dengan penambahan partikel pengisi atau filler seperti Aluminium Oksida yang memiliki kelebihan seperti kekerasan yang tinggi, sifat termal dan listrik yang baik.

Dengan melakukan penambahan partikel  $Al_2O_3$  ke *Epoxy Resin* dengan metode stoichiometry untuk menentukan rasio yang tepat, diharapkan mendapatkan material isolasi baru yang memiliki sifat elektrik dan mekanis yang baik [1][6].

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengamati pengaruh penambahan pengisi  $Al_2O_3$  terhadap *epoxy resin* dalam menahan stress tegangan yang diaplikasikan.
2. Mengukur nilai tegangan tembus intrinsik (asasi) pada material isolasi *epoxy resin* diberi pengisi  $Al_2O_3$  menggunakan tegangan bolak-balik.
3. Mengamati komposisi material isolasi *epoxy resin* diberi pengisi  $Al_2O_3$  yang memiliki kinerja yang baik untuk alternatif sebagai bahan isolasi.

### **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 panjang 9 mm, lebar 9 mm dan tebal 0.5mm, pemberian bahan pengeras pada *epoxy resin* dikurangi sebesar 90% dan 80%, lalu pemberian bahan pengisi  $Al_2O_3$  dengan rasio 2; 2.5; 3; dan 5 wt%.

Eksperimen dilakukan dengan,

1. Menggunakan sistem elektroda susunan bola-bola berdasarkan metode *Mckeown Test Specimen*.
2. Pengujian yang dilakukan adalah melakukan pengukuran tegangan tembus dari material *epoxy resin* yang diberi pengisi menggunakan tegangan bolak-balik.

### **1.5. Sistematika Penelitian**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam BAB I Pendahuluan terdapat bahasan tentang latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan, batasan masalah. Pada bab ini dijelaskan secara umum tentang material isolasi polimer *epoxy resin* yang diberi pengisi  $Al_2O_3$  dan juga penjelasan tentang *stoichiometry*.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam BAB II Tinjauan Pustaka berisi tentang studi literatur yang didapatkan dari sumber bacaan berupa artikel, jurnal, paper, *ebook*, skripsi dan lainnya. Dilakukannya studi literature bertujuan agar mendapatkan informasi mengenai penelitian terdahulu dan informasi yang berkaitan mengenai material isolasi polimer *epoxy resin* dengan pengisi  $Al_2O_3$  serta penjelasan tentang *stoichiometry*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam BAB III Metodologi Penelitian terdapat metode yang akan dilakukan dalam peneltian, diagram penelitian, persiapan alat dan bahan, lalu proses pembuatan sampel uji dan proses penambahan



pengisi pada sampel, pembuatan sistem elektroda, prosedur pengujian yang akan dilakukan, rangkaian dari pengujian, teknik pengumpulan data.

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

Dalam BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil pengujian tegangan tembus sampel *epoxy resin* yang dilakukan dengan metode *stoichiometry* pada penguas dan bahan pengisi  $Al_2O_3$ .

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

Dalam BAB V Kesimpulan dan Saran berisi penjelasan mengenai kesimpulan serta saran terkait dengan hasil penelitian yang telah dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. N. Alhabill, A. S. Vaughan, A. Thomas, and N. Anani, "Effect of Stoichiometry on AC and DC Breakdown of Silicon Nitride and Epoxy Nanocomposites," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 28, no. 4, 2021.
- [2] M. T. Prasetyo and Solechan, "The Effectiveness of Natural Stone with Silica Utilization, Silane, and Vinyl Silane as Filler Isolation of Vacuum Composite Resin Epoxy for Electrical Isolator," *AIP Conf. Proc.*, 2018, doi: 10.1063/1.5042925.
- [3] S. H. Mahdi, W. H. Jassim, I. A. Hamad, and K. A. Jasima, "Epoxy/Silicone Rubber Blends for Voltage Insulators and Capacitors Applications," *Energy Procedia*, pp. 501–506, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.07.059.
- [4] Y. H. Pesa and F. Murdiya, "Karakteristik Tegangan Tembus AC pada Material Isolasi Padat Campuran Epoxy Resin dengan Cangkang Kelapa Sawit," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] M. Doloksaribu and L. Simatupang, "Uji Fisis Bahan Isolator Listrik Berbasis Keramik Porselin Alumina," *EINSTEIN e-JOURNAL*, vol. 4, no. 2, 2016, doi: 10.24114/einstein.v4i2.5464.
- [6] F. N. Alhabill, R. Ayoob, T. Andritsch, and A. S. Vaughan, "Influence of filler/matrix interactions on resin/hardener stoichiometry, molecular dynamics, and particle dispersion of silicon nitride/epoxy nanocomposites," *J. Mater. Sci.*, vol. 53, pp. 4144–4158, 2017, doi: 10.1007/s10853-017-1831-x.
- [7] A. Rasyid and F. Murdiya, "KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS AC PADA MATERIAL ISOLASI PADAT CAMPURAN

- RESIN DENGAN ALUMINA (AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2017.
- [8] S. Bandri, “ANALISIS KEGAGALAN ISOLASI AKIBAT PARTIAL DISCHARGE PADA KABEL NA2XSEBY 20 KV BERISOLASI XLPE DAN PVC,” *J. Momentum*, vol. 16, no. 2, 2014.
- [9] 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.
- [10] A. Syakur, W. A. P, and Yuningtyastuti, “Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang,” *Univ. Diponegoro*, 2011.
- [11] J. Heri, A. Syakur, 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.
- [12] D. I. Susilawati, A. Syakur, and Hermawan, “ANALISA ARUS BOCOR PERMUKAAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI SILANE MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN INCLINED- PLANE TRACKING,” pp. 1–7, 2017.
- [13] P. Karunarathna, K. Chithradewa, S. Kumara, C. Weerasekara, R. Sanarasinghe, and T. Rathnayake, “Study on Dielectric Properties of Epoxy Resin Nanocomposites,” *Int. Symp. Adv. Electr. Commun. Technol.*, 2019, doi: 10.1109/ISAECT47714.2019.9069694.
- [14] H. Rahmat, “DAMPAK CAIRAN NANODIELEKTRIK TERHADAP MINYAK DEDAK PADI SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR TRANSFORMATOR,” *Thesis*, 2021.
- [15] M. I. JAUHARI, “PREDIKSI SIFAT MEKANIK KERAMIK Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

BERDASAR PENAMBAHAN SUHU SINTERING DAN PRESENTASE ADITIVE MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN,” *Thesis*, 2015.

- [16] A. Arismunandar and S. Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik tenaga Listrik*. 2004.
- [17] D. Amalia, Suganal, T. Wahyudi, and Husaini, “Pengaruh Ukuran Partikel, Suhu, Stoikiometri NaOH terhadap Ekstraksi Alumina dan Kandungan Silika Terlarutnya dari Bauksit Kalimantan Barat (Skala Laboratorium),” *J. Teknol. Miner. dan Batubara*, vol. 10, no. 2, pp. 69–81, 2014.
- [18] 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.
- [19] Suwarno, “Partial Discharges in High Voltage Insulations,” *IEEE Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci.*, pp. 369–375, 2014, doi: 10.1109/ICEECS.2014.7045280.
- [20] R. Arora and W. Mosch, *Buku High Voltage and Electrical Insulation Engineering*. 2011.
- [21] J. A. K. Patel, N. J., Dudani, K. K., “Partial Discharge Detection-An Overview,” *J. Information, Knowl. Res. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 331–335, 2018.
- [22] J. Lehr and P. Ron, *Buku Foundations of Pulsed Power Technology*. 2017.
- [23] M. S. Naidu and V. Kamaraju, *High-Voltage Engineering, 5e*. 2013. doi: 10.1016/s0016-0032(13)90044-2.
- [24] D. Kind and H. Kärner, *Buku High-Voltage Insulation Technology*. 1985.
- [25] K. E and W. S. Zaengl, *High Voltage Engineering Fundamentals*.

1984. doi: 10.1007/978-981-32-9938-2\_3.
- [26] J. J. McKeown, "Intrinsic electric strengths of organic polymeric materials," *Proc. Inst. Electr. Eng.*, vol. 112, no. 4, p. 824, 1965, doi: 10.1049/piee.1965.0140.
- [27] M. Kurimoto, Y. Takenaka, Y. Murakami, and M. Nagao, "Compatibility Evaluation between Dielectric Breakdown Strength and Thermal Conduction in Epoxy/Boron-nitride Composite," *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, pp. 542–545, 2011, doi: 10.1109/CEIDP.2011.6232714.
- [28] Y. Murakami, T. Matsubara, T. Kawashima, and N. Hozumi, "Basic electrical characteristics of epoxy/hollow silica composites influenced by addition of hollow silica," *Electron. Commun. Japan*, vol. 102, pp. 3–8, 2019, doi: 10.1002/ecj.12213.
- [29] T. Tomaskova, M. Svoboda, A. Shlykevich, and P. Trnka, "Increase the Thermal Conductivity of High Voltage Electrical Insulation Systems," *2015 17th Eur. Conf. Power Electron. Appl. EPE-ECCE Eur. 2015*, pp. 2–7, 2015, doi: 10.1109/EPE.2015.7309158.
- [30] F. N. Alhabill, R. Ayoob, T. Andritsch, and A. S. Vaughan, "Effect of Resin/Hardener Stoichiometry on Electrical Behavior of Epoxy Networks," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 24, no. 6, pp. 3739–3749, 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006828.