

**SKRIPSI**

**PENINGKATAN KEKUATAN TEMBUS CAMPURAN  
MINYAK DIALA B DAN MINYAK JAGUNG  
YANG DIBERI PENGISI  $Al_2O_3$**



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

**Oleh :**

**KIKI WULANDARI  
NIM. 03041281924049**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

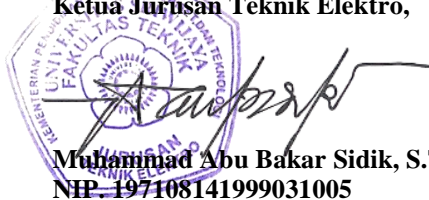
**PENINGKATAN KEKUATAN TEMBUS CAMPURAN  
MINYAK DIALA B DAN MINYAK JAGUNG  
YANG DIBERI PENGISI  $Al_2O_3$**

Oleh :

**KIKI WULANDARI  
NIM. 03041281924049**

**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**

**PENINGKATAN KEKUATAN TEMBUS CAMPURAN  
MINYAK DIALA B DAN MINYAK JAGUNG  
YANG DIBERI PENGISI  $Al_2O_3$**

Oleh :

**KIKI WULANDARI  
NIM. 03041281924049**

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

**Palembang, Juli 2023  
Dosen Pembimbing,**



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


## LEMBAR PERNYATAAN


Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Kiki Wulandari  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281924049  
Fakultas : Teknik  
Jurusan /Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya  
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 9%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Peningkatan Kekuatan Tembus Campuran Minyak Diala B Dan Minyak Jagung Yang Diberi Pengisi  $Al_2O_3$ ”, merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian 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,  
  
Kiki Wulandari  
NIM. 03041281924049



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 : Ir.Hj. Dwirina Yuniarti, M.T. \_\_\_\_\_

Tanggal : /Juli/2023 \_\_\_\_\_

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Peningkatan Kekuatan Tembus Campuran Minyak Diala B Dan Minyak Jagung Yang Diberi Pengisi  $Al_2O_3$ ”. Skripsi ini merupakan karya saya yang dibuat untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan pada jenjang sarjana di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam pembuatan skripsi ini saya mengalami berbagai tantangan dan kesulitan, akan tetapi berkat dukungan dari berbagai pihak, kesulitan tersebut dapat teratasi. Akhir kata saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, do’a, dan dorongan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Harapan saya semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna dalam pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik elektro.

Palembang, Juli 2023



Kiki Wulandari

NIM. 03041281924049

## HALAMAN PERSEMBAHAN

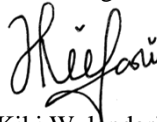
Karya ilmiah skripsi ini saya dedikasi dan persembahkan, sebagai penghargaan, dan rasa hormat saya kepada:

- Papa, mama, ayuk dan adik-adik tercinta beserta keluarga besar yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan untuk kesuksesan studi saya;
- 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 selama pengerjaan tugas akhir saya;
- Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE, IPU, MKU, ASEAN.Eng. selaku Rektor Universitas Sriwijaya dan bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik;
- Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku ketua jurusan, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- Bapak Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU selaku dosen pembimbing akademik saya;
- 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.;
- Teman teman anggota laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya angkatan 2019 yaitu Dessy, Nadia, Disha, Dani, Fadil, Sandy, Azmi, Yogi, Govin, Dicky, Bintang, Tio, Ipan, Iqbal;
- Teman teman yang senantiasa menemani dan membantu yakni dessy, disha, alya, izza, annisa eni;
- Admin dan akademik jurusan teknik elektro;
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2019 Universitas Sriwijaya;

- Pihak-pihak yang telah membantu selama melaksanakan skripsi yang tidak dapat dituliskan satu persatu;

Saya berdoa semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah diberikan dengan pahala dan ridho-Nya.

Palembang, Juli 2023



Kiki Wulandari  
NIM.03041281924049



## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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


Nama : Kiki Wulandari  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281924049  
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, “Peningkatan Kekuatan Tembus Campuran Minyak Diala B Dan Minyak Jagung Yang Diberi Pengisi  $Al_2O_3$ ” 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.

Palembang, Juli 2023  
Yang menyatakan,



Kiki Wulandari  
NIM. 03041281924049

## ABSTRAK

### PENINGKATAN KEKUATAN TEMBUS CAMPURAN MINYAK DIALA B DAN MINYAK JAGUNG YANG DIBERI PENGISI $Al_2O_3$

(Kiki Wulandari, 03041281924049,2023, xx + 45 Halaman + Lampiran)

Penelitian ini melaporkan hasil studi mengenai peningkatan kekuatan tembus pada kertas kraft yang diimpregnasi campuran minyak diala B dan minyak jagung yang diberi pengisi  $Al_2O_3$  dengan konsentrasi 0,5 wt%. Sampel kertas kraft yang digunakan berbentuk *sheet* dengan tebal 0,04 mm dan ukuran 30 mm x 30 mm. Sampel kertas kraft yang diimpregnasi dengan campuran minyak diala B dan minyak jagung dengan atau tanpa pengisi  $Al_2O_3$  diberi perlakuan penuaan termal pada suhu 100°C dengan variasi waktu 8, 16,24 jam. Pegujian dilakukan menggunakan elektroda jarum-piring dengan jarak sela sebesar 1 mm. Tegangan aplikasi yang digunakan yakni tegangan tinggi bolak-balik dengan laju kenaikan 100 V/s. Hasil pengujian PDIV dan  $V_{bd}$  kertas kraft yang diimpregnasi campuran minyak tanpa pengisi  $Al_2O_3$  pada kondisi tanpa penuaan termal berturut turut sebesar 2,197 kV dan 3,515 kV. Dan setelah diberi perlakuan penuaan termal nilai PDIV dan  $V_{bd}$  mengalami penurunan, dengan persentase penurunan tertinggi pada sampel dengan perlakuan penuaan termal selama 24 jam yakni sebesar 42,769% dan 41,997%. Sedangkan untuk sampel kertas kraft yang diimpregnasi campuran minyak dengan pengisi  $Al_2O_3$  pada kondisi penuaan termal 0 jam nilai PDIV dan  $V_{bd}$  sebesar 2,6216 kV dan 4,412 kV. Dan setelah diberi perlakuan penuaan termal nilai PDIV dan  $V_{bd}$  mengalami penurunan dengan persentase paling signifikan pada sampel yang diberi perlakuan penuaan termal selama 24 jam yakni sebesar 24, 058% dan 34,139 %. Namun dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat terjadi peningkatan nilai PDIV maupun  $V_{bd}$  pada sampel yang diimpregnasi dengan campuran minyak dengan pengisi  $Al_2O_3$ . Dari penggunaan  $Al_2O_3$  ini menunjukkan peningkatan paling besar terjadi pada penuaan termal selama 24 jam yakni sebesar 37,274 kV dan 32,883 kV.

**Kata kunci:**  $Al_2O_3$ , kertas kraft, minyak diala B, minyak jagung, PDIV,  $V_{bd}$

## ABSTRACT

### ENHANCEMENT DIELECTRIC STRENGTH OIL BLEND OF DIALA B OIL AND CORN OIL WITH FILLER $Al_2O_3$

(Kiki Wulandari, 03041281924049,2023, xx + 45 Pages + Appendices)

This research reports the result about enhancement dielectric strength of kraft paper impregnated with oil blend of diala B oil and corn oil with filler  $Al_2O_3$  with a concentration of 0.5 wt%. The kraft paper sample used is in the form of a sheet with a thickness of 0.04 mm and a size of 30 mm x 30 mm. The kraft paper samples impregnated with a mixture of diala B oil and corn oil with or without  $Al_2O_3$  as filler were subjected to thermal aging treatment at 100°C with a variation of time of 8, 16, and 24 hours. The test was carried out using needle-plate electrodes with a distance of 1 mm. The application voltage is alternating high voltage with an increase rate of 100 V/s. The PDIV and  $V_{bd}$  test results of kraft paper impregnated with an oil blend without  $Al_2O_3$  filler under conditions without thermal aging were 2.197 kV and 3.515 kV, respectively. And after being given the thermal aging treatment, the PDIV and  $V_{bd}$  values decreased, with the highest percentage reduction in samples with a thermal aging treatment for 24 hours, namely 42.769% and 41.997%. Whereas for kraft paper samples impregnated with a mixture of oil and filler  $Al_2O_3$  at 0 hours of thermal aging, the PDIV and  $V_{bd}$  values were 2.6216 kV and 4.412 kV. And after being given the thermal aging treatment, the PDIV and  $V_{bd}$  values decreased with the largest percentage decrease in the samples that were given the thermal aging treatment for 24 hours, namely 24.058% and 34.139%. However, from the results of these measurements, it can be seen that there was an increase in the PDIV and  $V_{bd}$  values in the samples impregnated with a mixture of oil and  $Al_2O_3$  as filler. From using  $Al_2O_3$ , the greatest increase occurred in thermal aging for 24 hours is 37.274 kV and 32.883 kV.

**Keywords:**  $Al_2O_3$ , kraft paper, Diala B, corn oil, PDIV,  $V_{bd}$

## 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>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>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 Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Isolasi.....	6
2.2. Isolasi Kertas .....	6
2.3. Isolasi Minyak .....	7

2.4.	Aluminium Oksida.....	8
2.5.	Mekanisme Kegagalan Isolasi .....	9
2.6.	Mekanisme Penuaan Kertas Isolasi.....	10
2.7.	Kekuatan Dielektrik .....	11
2.8.	<i>Partial Discharge</i> .....	12
2.9.	Tegangan Tembus ( <i>breakdown voltage</i> ).....	15
2.10.	Penelitian Sebelumnya.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
3.1.	Pendahuluan.....	22
3.2.	Metode Penelitian .....	22
	3.2.1. Studi Literatur.....	22
	3.2.2. Eksperimen .....	23
3.3.	Diagram Alir Penelitian .....	24
3.4.	Material Yang Digunakan.....	25
	3.4.1. Minyak Diala B .....	25
	3.4.2. Minyak Jagung .....	26
	3.4.3. Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ) .....	27
	3.4.4. Kertas Kraft .....	27
	3.4.5. Konduktor Tembaga.....	28
3.5.	Peralatan Yang Digunakan .....	28
	3.5.1. Bejana Minyak.....	28
	3.5.2. Glass Breaker.....	29
	3.5.3. Oven Mekanik .....	30
	3.5.4. Sistem Elektroda.....	30
	3.5.5. Transformator Tegangan Tinggi Bolak - Balik .....	31
	3.5.6. <i>Picoscope</i> Tipe 4000 series .....	31
	3.5.7. Mikrometer Pengatur Jarak .....	32
	3.5.8. <i>High Voltage Probe</i> Tipe Tetronix P6015A .....	32

3.5.9. <i>Pearson Current</i> tipe 411 .....	33
3.5.10. Jangka Sorong Digital .....	33
3.5.11. Neraca Digital .....	34
3.5.12. <i>Magnetic Stirrer</i> .....	34
3.6. Prosedur Pembuatan Sampel Uji .....	35
3.6.1. Proses Penyiapan Isolasi Cair .....	35
3.6.2. Proses penyiapan Isolasi Kertas .....	35
3.6.3. Proses Penuaan Termal .....	35
3.7. Rangkaian Pengujian .....	36
3.8. Prosedur Pengujian .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1. Umum .....	39
4.2. Data Hasil Penelitian .....	39
4.3. Diskusi .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
5.1. Kesimpulan .....	44
5.1. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Dielektrik Minyak Jagung .....	8
Tabel 2.2 Penelitian terkait dengan studi yang akan dilakukan .....	16
Tabel 3.1 Karakteristik Dielektrik Minyak Diala B [26] .....	26
Tabel 3.2 Karakteristik Dielektrik Minyak Jagung .....	26
Tabel 3.3 Karakterisasi Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ).....	27



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 .....	12
Persamaan 2.2 .....	14
Persamaan 2.3 .....	14
Persamaan 2.4 .....	14
Persamaan 2.5 .....	15
Persamaan 2.6 .....	15
Persamaan 2.7 .....	16

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
- Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran
- Lampiran 3 Perhitungan Nilai Kapasitansi
- Lampiran 3 Rekaman Hasil Gelombang Sinusoidal Ekperimental  
Menggunakan Aplikasi Picoscope 4000 Series
- Lampiran 4 Plagiarisme Turnitin

## NOMENKLATUR

- $E$  : Kekuatan dielektrik (kV/mm)
- $V_{bd}$  : Tegangan tembus dielektrik (kV)
- $h$  : Ketebalan dielektrik (mm)
- $V_{inc}$  : 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 peluahan sebagian per-setengah siklus tegangan yang diterapkan.
- $f$  : Frekuensi
- $V_b$  : Tegangan tembus sebenarnya
- $V_s$  : Tegangan tembus pada keadaan normal (Volt)
- $\delta$  : Faktor koreksi udara (mmHg/ $^{\circ}$ C)
- $P$  : Tekanan udara (mmHg)
- $\theta$  : Suhu ruangan saat pengujian ( $^{\circ}$ C)

## DAFTAR ISTILAH

<i>Biodegradable</i>	:	Mudah terurai di lingkungan
<i>Recovery</i>	:	Pemulihan
<i>Partial discharge (PD)</i>	:	Peluahan sebagian
<i>Partial discharge inception voltage (PDIV)</i>	:	Tegangan awal peluahan sebagian
<i>Impregnasi</i>	:	Penjenuhan dengan gas atau cairan
<i>Breakdown voltage</i>	:	Tegangan tembus
<i>Short circuit</i>	:	Hubung singkat
<i>Stressing</i>	:	Tekanan
<i>Grounding</i>	:	Sistem pentanahan
<i>Flashover</i>	:	Loncatan bunga api listrik
<i>Corn oil</i>	:	Minyak jagung
<i>Trace impurity</i>	:	Ketidakmurniaan kelumit
<i>Small irregularity</i>	:	Ketidakteraturan kecil
<i>Void</i>	:	Rongga udara
<i>Contaminants</i>	:	Kontaminan
<i>Protrusions</i>	:	Tonjolan
<i>Electrical trees</i>	:	Pemohonan listrik
<i>Aging</i>	:	Penuaan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Transformator daya merupakan salah satu elemen penting dari jaringan listrik oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan keandalan fungsi dari unit yang ada. Sistem isolasi yang digunakan pada transformator biasanya berupa isolasi kertas dan isolasi cair[1]. Oleh sebab itu keandalan trafo tergantung antara lain kepada isolasi kertas dan isolasi cair yang digunakan. Pada umumnya isolasi cair pada transformator menggunakan minyak mineral. Namun minyak mineral sebagai isolasi memiliki kelemahan seperti tingginya non-biodegradabilitas, rendahnya tahan api, dan menipisnya sumber daya alam. Oleh karena itu penggunaan minyak nabati sebagai alternatif isolasi cair pada transformator mulai menjadi perbincangan.

Minyak jagung adalah salah satu jenis minyak nabati. Minyak jagung ini merupakan olahan hasil ekstraksi dari biji jagung. Minyak jagung dapat digunakan sebagai alternatif minyak transformator karena memiliki keunggulan seperti kandungan asam lemak jenuh yang rendah dan bersifat lebih biodegradable. Beberapa studi telah dilakukan untuk menguji kelayakan minyak jagung sebagai alternatif minyak transformator seperti karakteristik dielektriknya yakni tegangan tembus sebesar 37,32 kV pada suhu 40°C[2].

Dikarenakan minyak mineral kurang ramah lingkungan sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi penggunaannya. Sebagai penggantinya maka digunakanlah campuran minyak diala B dan minyak jagung yang lebih ramah lingkungan dan dengan harga yang lebih ekonomis.

Selama transformator beroperasi akan menghasilkan panas pada lilitan kumparan transformator yang menyebabkan terjadinya penuaan termal pada isolasi. Akibat proses penuaan termal yang terjadi pada isolasi kertas dan isolasi cair mengakibatkan kemampuan sistem isolasi transformator mengalami penurunan. Untuk memperbaiki kemampuan sistem isolasi tersebut perlu dilakukan *recovery* terhadap minyak isolasi antara lain dengan penambahan nanomaterial yang dapat meningkatkan sifat dielektrik material.

Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) merupakan salah satu jenis nanopartikel dengan senyawa kimia yang terdiri dari aluminium dan oksigen yang bersifat insulator atau penghambat panas dan listrik yang baik. Sehingga dapat digunakan untuk menghambat proses penuaan termal pada isolasi transformator.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari peningkatan kekuatan tembus pada campuran minyak Diala B dan Minyak Jagung dengan penambahan Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) terhadap kertas isolasi yang diberi perlakuan penuaan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Minyak mineral sebagai minyak transformator memiliki kelemahan yakni kurang ramah lingkungan sehingga penggunaannya perlu dikurangi, oleh sebab itu pada penelitian ini minyak mineral dikurangi jumlah pemakaiannya dan digantikan dengan minyak jagung yang lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis. Disisi lain pemanasan yang terjadi akibat beroperasinya transformator dapat menimbulkan atau menghasilkan gelembung udara atau air dalam minyak transformator. Bagaimana mengurangi laju penuaan kertas isolasi pada kumparan transformator akibat adanya partikel yang terbentuk karena panas. Penelitian sebelumnya

memperlihatkan bahwa Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) memiliki kemampuan yang signifikan dalam memperbaiki sifat dielektrik akibat penuaan termal pada transformator. Pada penelitian ini  $\text{Al}_2\text{O}_3$  digunakan sebagai pencampur minyak isolasi. Pengaruh penambahan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kedalam minyak transformator terhadap kertas kraft yang diimpregnasi minyak campuran  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dilakukan dengan cara mengukur kekuatan tembus dielektrik kertas menggunakan tegangan bolak balik.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengukur *Partial Discharge Inception Voltage (PDIV)* dari kertas kraft sebelum diberi perlakuan dan setelah diberi perlakuan dengan campuran minyak isolasi yang berbeda.
2. Mengukur tegangan tembus kertas kraft yang diimpregnasi dalam campuran minyak diala B dan minyak jagung yang diberi pengisi Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
3. Mengamati perbandingan kekuatan tembus tegangan dari kertas kraft yang di impregnasi dalam campuran minyak isolasi yang berbeda.

### **1.4. Batasan Masalah**

1. Dalam studi ini sampel isolasi padat yang digunakan berupa kertas Kraft dengan ketebalan 0,04 mm dengan ukuran 30x30 mm
2. Sampel diberi perlakuan berbeda menggunakan campuran minyak yang terdiri dari minyak diala B dengan persentase 80% dan minyak jagung dengan persentase 20% serta dengan dan tanpa penambahan Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
3. Sampel diberi perlakuan penuaan termal dengan variasi waktu 8, 16, 24 jam pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .

4. Pengujian tegangan tembus menggunakan tegangan bolak balik.
5. Pengukuran tegangan tembus menggunakan susunan elektroda jarum-piring terhadap masing-masing sample uji dilakukan minimal sebanyak 5 kali, dengan laju kenaikan tegangan adalah 100 V/detik sampai terjadi tembus.
6. Pengujian dilakukan dalam kondisi temperatur ruang.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika yang digunakan dalam penulisan tuhas akhir ini sebagai berikut:

#### **BAB I                    PENDAHULUAN**

Pada bagian ini menjelaskan isolasi kertas kraft yang diberi perlakuan penuaan di dalam campuran minyak diala B dan minyak jagung dengan penambahan nanopartikel Aluminium Oksida ( $Al_2O_3$ ), serta alasan mengapa studi ini perlu dilakukan.

#### **BAB II                    TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bagian ini menjelaskan secara singkat mengenai teori isolasi, material isolasi jenis kertas kraft, dan fenomena terjadinya *breakdown* pada isolasi padat yang didapatkan dari studi litelatur degan memanfaatkan berbagai sumber bacaan seperti artikel jurnal, buku, skripsi, dan bahan bacaan lainnya.

#### **BAB III                    METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian ini dilakukan, mulai dari alat dan bahan yang diperlukan,



pembuatan sampel uji, proses perlakuan sampel, persiapan rangkaian pengujian, dan langkah-langkah pengujian yang akan dilakukan.

#### **BAB IV**

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini menjelaskan mengenai hasil pengujian *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dan tembus tegangan pada masing-masing sampel dan analisa terhadap data yang didapat.

#### **BAB V**

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bagian ini berisi poin poin kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ra, L. Chengrong, and Y. Lv, "Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanorods on dielectric strength of aged transformer oil / paper insulation system," vol. 284, pp. 700–708, 2019, doi: 10.1016/j.molliq.2019.04.041.
- [2] M. Latif, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Nabati Sebagai Bahan Isolasi Transformator Daya," *TeknikA*, vol. 1, no. 30, pp. 48–51, 2008.
- [3] I. Teknologi, J. Power, and P. Adipala, "Analisis Tingkat Kerusakan (Severity Level) Sebagai Metode Tambahan Dalam Pengukuran Korona Isolator Pltu Jawa Tengah 2 Adipala Omu," vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [4] D. C. Mardiyanto and Joko, "Analisis Keadaan Minyak Isolasi Transformator Daya Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berdasarkan Data Dissolved Gas Analysis (Dga)," *J. Tek. Elektro*, vol. Volume 08, pp. 411–419, 2019.
- [5] A. Sutopo, J. Manurung, and A. Sinuraya, *Ilmu Bahan Listrik*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2020.
- [6] D. Zhang *et al.*, "Insulation condition diagnosis of oil-immersed paper insulation based on non-linear frequency-domain dielectric response," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 25, no. 5, pp. 1980–1988, 2018, doi: 10.1109/TDEI.2018.007076.
- [7] L. Yang, T. Zou, B. Deng, H. Zhang, Y. Mo, and P. Peng, "Assessment of Oil-Paper Insulation Aging Using Frequency Domain Spectroscopy and Moisture Equilibrium Curves," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 45670–45678, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2906379.

- [8] A. S. Hardana *et al.*, “Analisis Laju Penuaan Isolasi Kertas Menggunakan Ester Based Oil Pada Transformator Ramah Lingkungan,” vol. 20, no. 1, pp. 28–44, 2022.
- [9] W. Sima, J. Shi, Q. Yang, S. Huang, and X. Cao, “Effects of conductivity and permittivity of nanoparticle on transformer oil insulation performance,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 22, no. 1, pp. 380–390, 2015, doi: 10.1109/TDEI.2014.004277.
- [10] M. Apriyanto, *Pengetahuan Dasar Bahan Pangan*. Riau: Mulono Apriyanto, 2022.
- [11] S. Manjang, I. Kitta, and A. Ikhlas, “Voltage Breakdown Characteristics of Transformer Mineral Oil with Varies the Composition of Corn Oil,” *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, pp. 5–8, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011119.
- [12] Y. Sunarya and S. Agus, *Mudah dan Aktif Belajar Kimia*. PT Grafindo Media Pratama, 2017.
- [13] M. Nasrun and S. Sujianto, “Pembuatan dan Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Keramik Alumina Sebagai Komponen Mekanik,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 2, p. 249, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i2.9075.
- [14] J. Lehr and P. Ron, “Electrical Breakdown in Solids, Liquids, and Vacuum,” *Found. Pulsed Power Technol.*, pp. 439–492, 2017, doi: 10.1002/9781118886502.ch9.
- [15] S. F. Report, S. Name, W. Li, S. Number, and P. Supervisor, “School of Electrical and Electronic Engineering,” *Development*, pp. 1–9, 2005.
- [16] H. D. Young and R. A. Freedman, *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga, 2003.

- [17] M.S.Naidu and V. Kamaraju, *High-Voltage Engineering*. New Delhi: McGraw Hill Education, 1982.
- [18] G. C. Montanari, "Insulation diagnosis of high voltage apparatus by partial discharge investigation," *Proc. IEEE Int. Conf. Prop. Appl. Dielectr. Mater.*, pp. 1–11, 2006, doi: 10.1109/ICPADM.2006.284107.
- [19] J. Lehr and P. Ron, "Foundation of Pulsed Power Technology," *IEEE Press*, vol. 4, no. 1, pp. 88–100, 2017.
- [20] 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, 2012.
- [21] D. Kind, *High-Voltage Insulation Technology*. 1985.
- [22] A. Arismunandar, *Teknik tegangan tinggi*. 2019.
- [23] Z. B.Siddique, S. Basu, and P. Basak, "Effect of Graphene Oxide Dispersed Natural Ester Based Insulating Oil on Transformer Solid Insulation," *IEEE Press*, vol. 29, no. 2, pp. 378–385, 2022, doi: 10.1109/TDEI.2022.3157926.
- [24] U. Khaled and A. Beroual, "Statistical Investigation of AC Dielectric Strength of Natural Ester Oil-Based Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and SiO<sub>2</sub> Nano-Fluids," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 60594–60601, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2915517.
- [25] M. S. Sulemani, A. Majid, F. Khan, N. Ahmad, M. A. Abid, and I. U. Khan, "Effect of nanoparticles on breakdown, aging and other properties of vegetable oil," *Proc. - 2018, IEEE 1st Int. Conf. Power, Energy Smart Grid, ICPESG 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICPESG.2018.8384521.
- [26] W. Lu, Z. D. Wang, and Q. Liu, "Pre-breakdown and breakdown

- mechanisms of an inhibited gas to liquid hydrocarbon transformer oil under negative lightning impulse voltage,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 24, no. 5, pp. 2809–2818, 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006416.
- [27] N. Azis, “AGEING ASSESSMENT OF INSULATION PAPER WITH CONSIDERATION OF IN-SERVICE AGEING AND NATURAL ESTER APPLICATION,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 3, no. Kolisch 1996, pp. 49–56, 2012.
- [28] A. Manab, A. Aulia, E. Putra Walidi, M. Kodrat, and G. Widia, “Pengaruh Penuaan Elektrik Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus dan PDIV Minyak NanoNynas,” *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 18, 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.522.2018.
- [29] H. Zulkarnain, M. Simanjuntak, and I. Pendahuluan, “Resistivitas dan indeks polarisasi minyak transformator bekas dengan penambahan nanopartikel z,” pp. 129–133, 2023.