

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS KERTAS KRAFT  
YANG DIIMPREGNASI MINYAK JAGUNG BERPENGISI  
*CARBON QUANTUM DOTS* DAN *TITANIUM DIOXIDE***



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

**Oleh :**

**HILMAN ARIEF BIJAKSANA  
NIM. 03041282025049**

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

# SKRIPSI

## KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS KERTAS KRAFT YANG DIIMPREGNASI MINYAK JAGUNG BERPENGISI *CARBON QUANTUM DOTS* DAN *TITANIUM DIOXIDE*

Oleh:

**HILMAN ARIEF BIJAKSANA**  
NIM. 03041282025049

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. 57108146999031005

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS KERTAS KRAFT  
YANG DIIMPREGNASI MINYAK JAGUNG BERPENGISI  
*CARBON QUANTUM DOTS* DAN *TITANIUM DIOXIDE***

**Oleh:**

**HILMAN ARIEF BIJAKSANA  
NIM. 03041282025049**

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

**Palembang, November 2024  
Dosen Pembimbing,**



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

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Hilman Arief Bijaksana  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041282025049  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya  
Persentase plagiarism (*Turnitin*) : 10%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Karakteristik Tegangan Tembus Kertas Kraft Yang Diimpregnasi Minyak Jagung Berpengisi *Carbon Quantum Dots* Dan *Titanium Dioxide*”, 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,

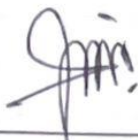


Hilman Arief Bijaksana  
NIM. 03041282025049

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., Ph.D.

---

Tanggal

:

November 2024

---

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Karakteristik Tegangan Tembus Kertas Kraft Yang Diimpregnasi Minyak Jagung Berpengisi *Carbon Quantum Dots* Dan *Titanium Dioxide*”. 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 ucapkan 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, November 2024



Hilman Arief Bijaksana  
NIM. 03041282025049

## HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- Mama dan Papa tercinta, Ibu Zuryani dan Bapak Des Akbarsyah, Ketiga kakak Rizky Shantika Putri, Anggie Puspa Hati, dan Audita Tamara Putri yang selalu memberikan doa dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan ini;
- Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir;
- Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., 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. selaku ketua jurusan, Bapak dan Ibu dosen-dosen serta administrasi dan akademik Jurusan Teknik Elektro;
- Ibu Ir. Sri Agustina, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan waktu dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan dalam waktu 4 tahun (2020-2024) ini;
- Pranata dan senior di Laboratorium Laboratorium Tegangan Tinggi Dan Pengukuran Listrik 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 Tegangan Tinggi Dan Pengukuran Listrik (TTPL) Angkatan 2020 yaitu Fadlu, Bhanunasmii, Elam, Meiwa, Muthia, Aldhi, Rangga, Adziin, Ridwan, Ryan, Raga, Derry, Iqbal, Aldo, Rama, Sahrul, Ravi, Kurniawan, Lutfi, Eric, Trio, Ahmed, dan Mozmail yang telah terlibat dan mendukung penelitian;
- Sahabat kosan Kebun Sirih Satelit, Irvin, Wisnu, Vito, Bhanu, Ridwan, Rama, Raga, Rizky, Bimo, Jordy;
- 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



Hilman Arief Bijaksana  
NIM. 03041282025049



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Hilman Arief Bijaksana  
Nomor Induk Mahasiswa : 03041282025049  
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 Tegangan Tembus Kertas Kraft Yang Diimpregnasi Minyak Jagung Berpengisi *Carbon Quantum Dots* Dan *Titanium Dioxide*” 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,

  
Hilman Arief Bijaksana  
NIM. 03041282025049

## ABSTRAK

### KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS KERTAS KRAFT YANG DIIMPREGNASI MINYAK JAGUNG BERPENGISI *CARBON QUANTUM DOTS* DAN *TITANIUM DIOXIDE*

(Hilman Arief Bijaksana, 03041282025049, 2024, xx + 39 halaman + Lampiran)

---

---

Penelitian ini membahas mengenai peningkatan kekuatan tegangan tembus pada kertas kraft yang diimpregnasi minyak jagung berpengisi campuran  $\text{TiO}_2$  dan CQD dengan konsentrasi total 0,01 wt%. Kertas kraft yang akan digunakan dipotong berukuran 30mm x 30mm. Sampel kertas kraft dibuat dalam dua kelompok, pertama sampel diimpregnasi dalam minyak jagung berpengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD, dan kedua sampel diimpregnasi dalam minyak jagung tanpa pengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD sebagai kontrol. Impregnasi dilakukan dengan variasi waktu 24, 48, 72, 96, dan 120 jam. Pengujian dilakukan menggunakan elektroda jarum-piring dengan jarak sela sebesar 1 mm. Tegangan tinggi bolak-balik yang diaplikasikan dinaikkan dengan laju kenaikan 100 V/s. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa PDIV dan  $V_{bd}$  untuk sampel yang diimpregnasi dalam minyak jagung berpengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD lebih tinggi dibandingkan dengan PDIV dan  $V_{bd}$  tanpa pengisi. Persentase kenaikan kekuatan sampel dalam menahan tembus insepasi antara sampel kontrol dan kelompok perlakuan untuk masing-masing variasi waktu adalah sebesar 13,434%; 7,693%; 5,217%; 3,694%; dan 7,106%. Persentase kenaikan kekuatan sampel dalam menahan tembus sempurna antara sampel kontrol dengan kelompok perlakuan untuk masing-masing variasi waktu adalah sebesar 9,192%; 6,274%; 6,135%; 5,616%; 6,669%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan bahan pengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD dapat meningkatkan nilai PDIV dan  $V_{bd}$ .

**Kata Kunci:**  $\text{TiO}_2$ , CQD, kertas kraft, minyak jagung, PDIV, tegangan tembus

## ABSTRACT

### **BREAKDOWN VOLTAGE CHARACTERISTIC OF CORN OIL IMPREGNATED KRAFT PAPER FILLED WITH CARBON QUANTUM DOTS AND TITANIUM DIOXIDE**

(Hilman Arief Bijaksana, 03041282025049, 2024, xx + 39 pages + appendices)

---

---

This experiment discusses the increase in the breakdown tension strength of corn oil-impregnated kraft paper filled with a mixture of TiO<sub>2</sub> and CQD with a total concentration of 0.01 wt%. The kraft paper to be used was cut into 30mm x 30mm size. Kraft paper samples were made in two groups, first samples were impregnated in corn oil filled with TiO<sub>2</sub> and CQD, and second samples were impregnated in corn oil without TiO<sub>2</sub> and CQD fillers as control. Impregnation was carried out with time variations of 24, 48, 72, 96, and 120 hours. The test was conducted using a needle-plate electrode with an intermediate distance of 1 mm. The applied alternating high voltage was increased at a rate of 100 V/s. The measurement results showed that the PDIV and V<sub>bd</sub> for samples impregnated in corn oil with TiO<sub>2</sub> and CQD were higher than the PDIV and V<sub>bd</sub> without fillers. The percentage increase in the strength of the samples to resist penetration between the control and treatment groups for each time variation was 13.434%; 7.693%; 5.217%; 3.694%; and 7.106%, respectively. The percentage increase in the strength of the sample to resist complete penetration between the control sample and the treatment group for each time variation is 9.192%; 6.274%; 6.135%; 5.616%; 6.669%. These results indicate that the addition of TiO<sub>2</sub> and CQD fillers can increase the PDIV and V<sub>bd</sub> values.

**Keywords:** TiO<sub>2</sub>, CQD, kraft paper, corn oil, PDIV, breakdown voltage

## 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 II PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian .....	3
1.4    Batasan Masalah .....	4
1.5    Hipotesis .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1    Isolasi .....	5
2.2    Jenis Isolasi .....	5

2.3	Isolasi Kertas.....	6
2.4	Isolasi Minyak.....	7
2.5	Minyak Jagung.....	8
2.6	Impregnasi Kertas Isolasi.....	8
2.7	Isolasi dan Kegagalannya .....	8
2.7.1	Kegagalan Intrinsik.....	9
2.7.2	Kegagalan Elektromagnetik.....	9
2.7.3	Kegagalan <i>Streamer</i> .....	10
2.7.4	Kegagalan <i>Thermal</i> .....	10
2.7.5	Kegagalan Erosi .....	10
2.8	Mekanisme Kegagalan Isolasi .....	11
2.9	Kekuatan Dielektrik.....	11
2.10	<i>Partial Discharge</i> .....	12
2.11	Tegangan Tembus.....	13
2.12	Penelitian Sebelumnya.....	14
<b>BAB III METODOLOGI DAN EKSPERIMENTAL .....</b>		<b>19</b>
3.1	Pendahuluan.....	19
3.2	Metode Penelitian .....	19
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	20
3.4	Material yang digunakan.....	22
3.5	Peralatan Penelitian.....	24
3.6	Prosedur Penyiapan Sampel Uji.....	27
3.8	Prosedur Pengujian .....	32

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1    Umum .....	33
4.2    Data Hasil Penelitian.....	33
4.3    Diskusi .....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1    Kesimpulan .....	38
5.2    Saran .....	39

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Isolasi kertas pada.....	6
Gambar 2. 2 Grafik mekanisme kegagalan pada isolasi padat .....	9
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 3. 2 Kertas kraft .....	21
Gambar 3. 3 Minyak jagung .....	22
Gambar 3. 4 <i>Carbon quantum dots</i> .....	23
Gambar 3. 5 <i>Titanium dioxide</i> .....	24
Gambar 3. 6 Sistem elektroda jarum-piring .....	25
Gambar 3. 7 Neraca analitik .....	26
Gambar 3. 8 <i>Magnetic stirrer</i> .....	26
Gambar 3. 9 Proses pencampuran CQD dan $\text{TiO}_2$ .....	28
Gambar 3. 10 Proses penyiapan isolasi cair .....	29
Gambar 3. 11 Proses penyiapan isolasi kertas.....	30
Gambar 3. 12 Rangkaian pengujian .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan ....	14
Tabel 3. 1 Kandungan minyak jagung per takaran saji 15 ml produk <i>Lily Flower</i> .....	23
Tabel 3. 2 Karakteristik <i>titanium dioxide</i> .....	24
Tabel 3. 3 Spesifikasi dimensi sistem elektroda .....	25
Tabel 3. 4 Komposisi minyak jagung dan bahan pengisi CQD dan TiO <sub>2</sub> .....	28



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Kekuatan Dielektrik .....	12
Persamaan 2.2 Tegangan Tembus .....	13
Persamaan 2.3 Faktor Koreksi Udara .....	13

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tahap-tahap Kegiatan Penelitian
Lampiran 2	Data Hasil Pengukuran
Lampiran 3	Perhitungan Nilai Tegangan Tembus dalam Keadaan Normal
Lampiran 4	Perhitungan Nilai Kapasitansi
Lampiran 5	Rekaman Gelombang Sinusoidal Pada Eksperimental Menggunakan Software Picoscope 4000 Series
Lampiran 6	Lembar Plagiarisme <i>Turnitin</i>
Lampiran 7	SULIET/USEPT

## NOMENKLATUR

E	: Kekuatan dielektrik (kV/mm)
$V_{bd}$	: Tegangan tembus dielektrik (kV)
d	: Gap atau jarak sela antar elektroda (mm)
$V_b$	: Tegangan tembus sebenarnya
$V_s$	: Tegangan tembus pada keadaan normal (Volt)
$\delta$	: Faktor koreksi udara (mmHg/°C)
p	: Tekanan udara (mmHg)
$p_0$	: Standar tekanan udara (760 mmHg)
T0	: 20°C
T	: Suhu ruangan saat pengujian (°C)

## DAFTAR ISTILAH

<i>Biodegradable</i>	: Mudah terurai di lingkungan
<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>Electrical stress</i>	: Tekanan tegangan
<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

Keandalan sistem tenaga dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah berfungsinya transformator tenaga dengan baik. Transformator merupakan komponen dalam suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menaikkan/menurunkan tegangan operasi sistem. Isolasi padat berbahan kertas digunakan sebagai isolasi antar lilitan transformator, antar fase dan inti transformator, antara lain menggunakan bahan isolasi kertas dari jenis kertas kraft [1].

Kertas kraft merupakan isolasi padat paling efisien yang digunakan dalam transformator [2]. Serat selulosa pada kertas kraft memiliki banyak rongga yang berisi udara. Pada kondisi *electric stress* melampaui batas tembus dielektrik udara, dimungkinkan terjadinya peluahan sebagian di dalam rongga udara pada kertas isolasi. Impregnasi dengan isolasi cair dapat menurunkan *electric stress* di dalam rongga dengan mengganti udara dengan isolasi cair. Sifat-sifat isolasi cair diresapi serat tergantung pada berbagai parameter seperti proses impregnasi dan jenis isolasi cair [3].

Pada umumnya, penelitian dalam topik perendaman atau impregnasi isolasi padat berupa kertas kraft dalam minyak transformator memiliki tujuan untuk meningkatkan kekuatan dielektrik isolasi padat dari kertas kraft. Peningkatan pada kekuatan dielektrik tersebut bisa terjadi dikarenakan terdapat ikatan adhesi diantara isolasi cair berupa minyak dan isolasi padat berupa kertas kraft pada rongga udara yang ada pada isolasi kertas kraft, yang akan memperkuat kemampuan dielektrik pada bagian sebelumnya yang berupa rongga udara. Isolasi minyak berupa minyak transformator mengisi rongga-rongga udara yang ada pada isolasi kertas kraft, proses tersebut

disebut dengan adhesi [4][5]. Jenis minyak yang banyak digunakan sekarang ini adalah jenis minyak mineral, tetapi pada masa sekarang ini terdapat pertimbangan lain dalam penggunaan minyak mineral sebagai minyak isolasi transformator dengan mencari minyak isolator berbahan yang lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, minyak nabati dipertimbangkan untuk digunakan sebagai isolasi cair alternatif untuk transformator.

Minyak nabati telah dipelajari sebagai alternatif isolasi yang menggantikan minyak mineral pada transformator. Minyak nabati sepenuhnya dapat terurai secara hayati dan ramah lingkungan. Selain itu, minyak nabati memiliki sifat dielektrik yang baik dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan minyak mineral [6]. Salah satu jenis minyak nabati yaitu minyak jagung. S. Chandrasekar, *et al.*, (2020) menyebutkan minyak jagung memiliki *breakdown voltage* ( $V_{bd}$ ) serta *Partial Discharge* (PD) yang baik dan menjadikannya kandidat yang cocok untuk menggantikan minyak mineral [7]. Kekuatan dielektrik minyak jagung masih dapat ditingkatkan melalui penambahan nanopartikel ke dalam isolasi cair. Salah satu jenis nanopartikel yang dapat meningkatkan sifat dielektrik pada minyak yaitu titanium dioxide ( $TiO_2$ ). Minyak yang diberi nanopartikel  $TiO_2$  dengan campuran *Carbon Quantum Dots* (CQD) menghasilkan isolasi yang lebih baik. Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan cakupan parsial CQD pada permukaan nanopartikel bisa meningkatkan dispersi seragam nanopartikel dalam minyak [7].

Pada tugas akhir ini melakukan pengujian kekuatan isolasi padat yaitu kertas kraft yang telah direndam di dalam minyak jagung berpengisi  $TiO_2$  dan CQD. Perlakuan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh minyak jagung terhadap tegangan tembus kertas kraft.

## 1.2 Rumusan Masalah

Hasil pengujian tegangan tembus terhadap kertas kraft yang diimpregnasi dalam minyak jagung menunjukkan bahwa nilai tegangan tembus lebih rendah dibandingkan dengan tegangan tembus kertas kraft yang diimpregnasi menggunakan minyak mineral. Hasil pengujian terhadap kekuatan tembus minyak jagung yang diberi  $\text{TiO}_2$  dan CQD memperlihatkan adanya peningkatan [6]. Sebagai upaya untuk meningkatkan tegangan tembus kertas kraft yang diimpregnasi minyak jagung dapat dimungkinkan dengan memberikan bahan pengisi.

Pada penelitian ini, telah dilakukan pengujian tegangan tembus terhadap kertas kraft yang diimpregnasi minyak jagung dan diberi pengisi  $\text{TiO}_2$  serta CQD. Salah satu keuntungan penggunaan minyak jagung sebagai alternatif pengganti minyak transformator adalah sifatnya yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) pada material isolasi kertas kraft yang diberi perlakuan impregnasi minyak jagung berpengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD.
2. Mendapatkan nilai *Breakdown Voltage* ( $V_{bd}$ ) pada material isolasi kertas kraft yang diberi perlakuan impregnasi minyak jagung berpengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD.
3. Mengetahui pengaruh lama perendaman kertas kraft yang diberi perlakuan impregnasi minyak jagung berpengisi  $\text{TiO}_2$  dan CQD.

#### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian melibatkan penggunaan sampel yang menggabungkan isolator padat dan cair. Kertas kraft digunakan sebagai bahan isolator padat, sementara minyak jagung digunakan sebagai bahan isolator cair.
2. Sample uji berupa kertas kraft berukuran 30 mm x 30 mm dengan ketebalan 0,08 mm yang diimpregnasi dalam minyak jagung, serta ditambahkan nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan CQD dengan perbandingan 1:1.
3. Konsentrasi TiO<sub>2</sub> dan CQD sebesar 0,01 wt%
4. Variasi waktu impregnasi kertas kraft selama 24; 48; 72; 96; dan 120 jam
5. Pengujian peluahan sebagian pada kertas yang berupa pengukuran *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dan *Breakdown Voltage* ( $V_{bd}$ ) menggunakan susunan elektroda jarum-piring terhadap masing-masing sampel uji, dan dilakukan sebanyak 5 kali guna mendapatkan hasil rata-rata. dengan menggunakan tegangan bolak balik.

#### 1.5 Hipotesis

Penambahan bahan nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan CQD ke dalam cairan minyak jagung akan meningkatkan kekuatan tegangan tembus bahan isolasi kertas kraft yang diimpregnasi minyak jagung. Hal ini dimungkinkan karena bahan pengisi TiO<sub>2</sub> dan CQD menyebabkan dispersi dan stabilitas nanofiller menjadi lebih baik dalam minyak.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Haryono and W. Danang, "Pengaruh Perendaman Berbagai Macam Jenis Kertas didalam Minyak Trafo Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Pada Suhu 30 derajat C, 40 derajat C, dan 50 derajat C.," *Univ. Gadjah Mada*, 2015.
- [2] M. Maharana, N. Baruah, S. K. Nayak, and N. Sahoo, "Nanofluid and transformer oil impregnated aged kraft paper: Analysis of its mechanical strength," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, vol. 2018-October, pp. 302–305, 2018, doi: 10.1109/APPEEC.2018.8566647.
- [3] N. Pattanadech, Y. Kittikhuntharadol, and P. Pannil, "AC Breakdown Characteristics of Different Moisture Content Pressboards Impregnated with Natural Ester," *2021 7th Int. Conf. Eng. Appl. Sci. Technol. ICEAST 2021 - Proc.*, pp. 249–252, 2021, doi: 10.1109/ICEAST52143.2021.9426312.
- [4] T. A. Prevost and T. V. Oommen, "Cellulose insulation in oil-filled power transformers: Part I - History and development," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 22, no. 1, pp. 28–34, 2006, doi: 10.1109/MEI.2006.1618969.
- [5] Muhammad Irsan Simanjuntak, *Pengaruh Lama Perendaman Kertas Trafo (Pressboard) Pada Minyak Mineral, Minyak Nabati, Dan Minyak Sintetis Terhadap Karakteristik Elektris Kertas*. 2019. [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/60711/>
- [6] D. Van Nguyen, L. P. Nguyen, and T. N. Quach, "Investigation of AC breakdown properties of paper insulators and enamel insulation impregnated with rice oil, corn oil and peanut oil for transformers," *IET Sci. Meas. Technol.*, vol. 13, no. 9, pp. 1352–1361, 2019, doi:

10.1049/iet-smt.2018.5580.

- [7] S. Chandrasekar, J. Chandramohan, G. C. Montanari, and P. Uthirakumar, "Developing eco-friendly nanostructured oil: Partial discharge and breakdown voltage characterization of transformer corn oil," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 27, no. 5, pp. 1611–1618, 2020, doi: 10.1109/TDEI.2020.008992.
- [8] I. Teknologi, J. Power, and P. Adipala, "Analysis of Severity Level as an Additional Method in Corona Measurement Insulator," vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [9] 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.
- [10] J. Teknik, E. Dan, F. Teknik, and U. Udayana, "Material Teknik Elektro Oleh," 2015.
- [11] R. A. Elfreda, "Analisis Tegangan Tembus Kertas Isolasi Transformator Akibat Lama Perendaman Pada Isolasi Minyak Transformator," pp. 1–122, 2018.
- [12] I. N. Oksa Winanta, A. A. N. Amrita, and W. G. Ariastina, "Studi Tegangan Tembus Minyak Transformator," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 10, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p02.
- [13] M. Apriyanto, *Pengetahuan Dasar Bahan Pangan*. 2022.
- [14] J. Siriworachanyadee and N. Pattanadech, "Ac and lightning impulse breakdown voltage of natural ester impregnated pressboards," *Proceeding - 8th Int. Conf. Cond. Monit. Diagnosis, C. 2020*, no. Cmd, pp. 377–380, 2020, doi: 10.1109/CMD48350.2020.9287291.
- [15] W. H. P. E. W. H. P. . (The H. S. B. I. and I. C. Bartley, "Analysis of Transformer Failures," *Int. Assoc. Eng. Insur. 36th Annu. Conf.*, vol.

- 33, no. 03, pp. 1–13, 2003.
- [16] R. Arora and W. Mosch, *High Voltage And Electrical Insulation Engineering*.
- [17] M. S. Naidu and V. Kamaraju, “High Voltage Engineering,” *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 15, no. 5, p. 36, 1995, doi: 10.1109/MPER.1995.384315.
- [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] E. Gockenbach, “High Voltage Engineering,” *Springer Handbooks*, pp. 131–182, 2021, doi: 10.1007/978-981-32-9938-2\_3.
- [20] L. S. Nasrat, N. Kassem, and N. Shukry, “Aging Effect on Characteristics of Oil Impregnated Insulation Paper for Power Transformers,” *Engineering*, vol. 05, no. 01, pp. 1–7, 2013, doi: 10.4236/eng.2013.51001.
- [21] P. K. Viswanathan, S. Chandrasekar, and S. Balaji, “Analysis of Partial Discharge Performance of Eco Friendly Liquid Insulation,” *3rd IEEE Int. Virtual Conf. Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT 2021*, pp. 3–8, 2021, doi: 10.1109/i-PACT52855.2021.9696842.
- [22] Y. Ge *et al.*, “Effects of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on Streamer Propagation at the Surface of Oil-Impregnated Insulation Paper,” *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 46, no. 7, pp. 2491–2496, 2018, doi: 10.1109/TPS.2018.2838068.
- [23] C. Fernández-diego and A. Ortiz, “Kraft and Diamond Dotted paper thermally aged in mineral oil and natural ester: mechanical characterisation,” no. Icdl, pp. 1–4, 2019, doi:

10.1109/ICDL.2019.8796691.

- [24] N. L. Mauliddiyah, "Dampak Cairan Nanodielektrik Terhadap Minyak Dedak Padi Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator," p. 6, 2021.