

SKRIPSI

**PENGARUH GELEMBUNG PADA ISOLASI *CANOLA OIL*
DALAM MENAHAN *STRESS* TEGANGAN**



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

Oleh:

**MUHAMMAD AZMI TEGAR PUTRA NOVA
NIM. 03041281924129**

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH GELEMBUNG PADA ISOLASI *CANOLA OIL*
DALAM MENAHAN *STRESS* TEGANGAN**

Oleh :

**MUHAMMAD AZMI TEGAR PUTRA NOVA
NIM. 03041281924129**

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

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



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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

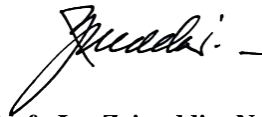
**PENGARUH GELEMBUNG PADA ISOLASI *CANOLA OIL*
DALAM MENAHAN *STRESS* TEGANGAN**

Oleh :

**MUHAMMAD AZMI TEGAR PUTRA NOVA
NIM. 03041281924129**

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

**Palembang, Juli 2023
Dosen Pembimbing,**



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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281924129
Fakultas : Teknik
Jurusan /Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 11%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Gelembung Pada Isolasi *Canola Oil* Dalam Menahan *Stress* Tegangan”, 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,



Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
NIM. 03041281924129

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 : /Juli /2023

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa. Atas rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat beserta salam tak lupa kita curahkan kepada baginda nabi kita Muhammad SAW yang insyaallah syafa'atnya kita dapat nantikan kelak.

Alhamdulillah atas berkat ridho dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Gelembung pada Isolasi *Canola Oil* dalam Menahan *Stress* Tegangan”. Skripsi ini merupakan karya ilmiah yang dibuat sebagai syarat guna menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, do'a dan partisipasi yang memberikan semangat kepada kami sehingga skripsi sebagai persyaratan akademik ini dapat kami selesaikan dengan baik. berharap agar penulisan dan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang terkait.

Palembang, Juli 2023



Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
NIM. 03041281924129

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- 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 Saggaff, 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, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku pembimbing akademik;
- Mama serta keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi, serta semangat baik dalam materil maupun moril.
- Pranata, Senior di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Bu Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Ferlian Seftianto S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., Kak Cepy Oliver Anarki S.T
- Semua anggota Laboratorium *Electrical Energy and Safety* yang terlibat dalam penelitian Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik (TTTPL) angkatan 2019 yaitu Fadil, Sandy, Dani, Yogi, Govin, Dicky, Iqbal, Bintang, Ipan, Tio, Dessy, Kiki, Nadia dan Disha;

- Teman & sahabat selama masa perkuliahan, Deni, Hafidzin, Roni, Fatchan, Irsyad, Maulana, Morris, Ariq, Alya, Izza dan Eni.
- Admin dan akademik jurusan teknik elektro;
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2019 Universitas Sriwijaya.
- Witri Armelita yang telah membantu menemani dan menjadi *support system* saya selama proses pengerjaan skripsi ini.
- Pihak-pihak yang telah membantu selama menyelesaikan skripsi yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Saya berdo'a kepada Allah SWT memberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, Juli 2023



Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
NIM. 03041281924129

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281924129
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, “Pengaruh Gelembung Pada Isolasi *Canola Oil* Dalam Menahan *Stress* Tegangan” 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,



Muhammad Azmi Tegar Putra Nova
NIM. 03041281924129

ABSTRAK

PENGARUH GELEMBUNG PADA ISOLASI *CANOLA OIL* DALAM MENAHAN *STRESS* TEGANGAN

(M. Azmi Tegar P.N, 03041281924129, 2023,xix + 50 halaman + lampiran)

Studi mengenai pengaruh gelembung pada cairan dielektrik jenis *canola oil* dalam menahan stress tegangan dengan menggunakan sumber tegangan AC 220 V, dengan frekuensi 50 Hz. Eksperimen ini menggunakan sistem elektroda bidang-bidang $\varnothing=40\text{mm}$ dengan jarak sela kedua elektroda diatur sebesar 2,5mm, menggunakan jarum plastik sebagai media penginjeksian gelembung. Gelembung yang diinjeksikan ada tiga jenis yakni gelembung tunggal, gelembung *string*, dan gelembung *cluster*. Saat sampel uji telah diinjeksikan gelembung, tegangan dinaikan menggunakan transformator step-up hingga mendapatkan nilai *breakdown*. Kenaikan tegangan diatur sedemikian rupa guna mendapatkan hasil yang diinginkan sebesar 60s/kV, 300s/kV dan 600s/kV. Hasil yang didapat pada pengujian ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan gelembung yang berbeda pada sampel uji akan menghasilkan nilai *breakdown* yang semakin rendah. Kondisi sampel yang dipengaruhi gelembung dengan menggunakan laju kenaikan tegangan yang berbeda akan membuat nilai tegangan tembusnya semakin rendah sebanding dengan laju kenaikan tegangan yang semakin lambat.

Kata Kunci: *Canola Oil*, Gelembung Tunggal, Gelembung String, Gelembung Cluster, Tegangan Tembus, Laju Kenaikan Tegangan.

ABSTRACT

THE EFFECT OF BUBBLES MECHANISM ON CANOLA OIL AS INSULATION IN BREAKDOWN VOLTAGE

(M. Azmi Tegar P.N, 03041281924129, 2023,xix + 50 page + attachments)

Study of the effect of bubbles on canola oil as insulation in breakdown voltage using a 220 VAC voltage source, with a frequency of 50 Hz. This experiment used two plane electrode system with a diameter of 40 mm and a distance between the two electrodes set at 2.5mm, using a plastic needle as a tool for injecting bubbles. There are three types of bubbles: single bubbles, string bubbles, and cluster bubbles. When the sample test has been injected with bubbles, the voltage is increased using a step-up transformer to reach the breakdown voltage. The rise time voltage is set to get the desired results of 60 s/kV, 300 s/kV, and 600 s/kV. The results of this measurement showed that using different bubbles in the sample test will result in a lower breakdown voltage. The condition of the sample, which is affected by bubbles using a different rise time voltage, will result the breakdown voltage lower in proportion to the slower rise time in the voltage.

Keywords: *Canola Oil, single bubble, string bubble, cluster bubble, Breakdown Voltage, Risetime Voltage.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
NOMENKLATUR	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Isolator	6
2.2 Kekuatan Dielektrik	6
2.3 Dielektrik Cair.....	9
2.4 Minyak Nabati.....	10
2.5 Canola	11
2.6 Dielektrik Gas	13
2.7 Kekuatan Tembus.....	13

2.8	Kegagalan Gelembung	21
2.9	Penelitian yang Relevan	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Pendahuluan	27
3.2	Metode Penelitian.....	27
3.3	Diagram Alir	28
3.4	Bahan Penelitian.....	29
3.4.1	Minyak Biji Lobak (<i>Canola Oil</i>)	29
3.4.2	Gelembung Udara.....	30
3.5	Peralatan Pengujian	32
3.5.1	<i>Chamber</i> Uji Modifikasi.....	32
3.5.2	Sistem Elektroda.....	33
3.5.3	Pembangkit Tegangan Tinggi Bolak-Balik	33
3.5.4	<i>High Voltage Probe</i> (HV Probe)	34
3.5.5	<i>Picoscope</i>	34
3.5.6	Tabung Oksigen.....	35
3.5.7	Gelas Beaker.....	35
3.6	Rangkaian Pengujian.....	36
3.7	Prosedur Pengujian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Umum.....	39
4.2	Data Hasil Penelitian.....	39
4.3	Diskusi	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gap atau jarak sela elektroda.....	14
Gambar 2. 2 Pergerakan partikel padat pada isolasi cair.....	16
Gambar 2. 3 Pergerakan gelembung udara pada isolasi cair	16
Gambar 2. 4 Gelembung udara yang terbentuk akibat permukaan elektroda yang tidak rata dan runcing.....	17
Gambar 2. 5 Pengaruh gelembung udara terhadap medan listrik	18
Gambar 2. 6 Gelembung udara yang memanjang dan memicu kegagalan	19
Gambar 2. 7 Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan jarak sela	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	28
Gambar 3. 2 Minyak Canola produk Ngo Chew Edible Oil PTE LTD.....	29
Gambar 3. 3 Gelembung Tunggal	30
Gambar 3. 4 Gelembung String.....	31
Gambar 3. 5 Gelembung Cluster	31
Gambar 3. 6 Chamber Uji Modifikasi.....	32
Gambar 3. 7 Sistem Elektroda Bidang-Bidang	33
Gambar 3. 8 Pembangkit Tegangan Tinggi Bolak Balik.....	33
Gambar 3. 9 <i>High Voltage Probe Tektronix P6015A</i>	34
Gambar 3. 10 <i>Picoscope tipe 4000 series</i>	34
Gambar 3. 11 Tabung Oksigen	35
Gambar 3. 12 Gelas Beaker.....	35
Gambar 3. 13 Rangkaian pengujian Tegangan Tembus.....	36
Gambar 4. 1 Nilai Tegangan Tembus Tanpa Pengaruh Gelembung	40
Gambar 4. 2 Nilai Tegangan Tembus Gelembung Tunggal.....	41
Gambar 4. 3 Nilai Tegangan Tembus Gelembung String	42
Gambar 4. 4 Nilai Tegangan Tembus Gelembung Cluster	43
Gambar 4.5 Hasil perbandingan nilai tegangan tembus dengan kondisi gelembung yang berbeda.	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Dielektrik.....	7
Tabel 2. 2 Standar Isolasi Minyak IEC 60422-2013.	10
Tabel 2. 3 Karakteristik <i>Canola Oil</i>	12
Tabel 2. 4 Penelitian terkait dengan studi yang akan dilakukan	23

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1	14
Persamaan 2. 2	15
Persamaan 2. 3	18
Persamaan 2. 4	19
Persamaan 2. 5	20
Persamaan 2. 6	21

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi sampel dan rangkaian pengujian
- Lampiran 2 Data Hasil Pengujian
- Lampiran 3 Rekaman hasil pengujian tegangan tembus
- Lampiran 4 Lembar Plagiarisme

NOMENKLATUR

E	= kuat medan listrik yang mampu ditahan material isolasi (kV/mm)
V	= tegangan maksimum yang tercatat alat ukur (kV)
d	= gap atau jarak sela antar elektroda (mm)
F	= besarnya gaya yang bekerja pada suatu partikel
r	= jari-jari partikel
E_b	= kekuatan medan cairan saat terdapat gelembung udara
E_0	= kekuatan medan cairan tanpa gelembung udara
σ	= tegangan permukaan cairan
ε_1	= permitivitas cairan
ε_2	= permitivitas gelembung udara
r	= jari-jari gelembung
V_{bd}	= tegangan tembus (kV)
A	= konstanta
d	= gap atau jarak sela antar elektroda (mm)
n	= nilai konstanta (0,947)

DAFTAR ISTILAH

<i>mineral oil</i>	= Minyak Mineral
<i>natural ester</i>	= Minyak Nabati
<i>biodegradable</i>	= Ramah Lingkungan
<i>Bubble mechanism</i>	= Kegagalan Gelembung
<i>Breakdown Voltage</i>	= Tegangan Tembus
<i>Leakage current</i>	= Arus Bocor
<i>Flashover</i>	= Loncatan Bunga Api
<i>Sparkover</i>	= Pelepasan Busur Api
<i>Self healing</i>	= Memperbaiki sendiri
<i>Discharge</i>	= Peluahan
<i>Flash Point</i>	= Titik Nyala
<i>Pour Point</i>	= Titik Tuang
<i>Uniform field</i>	= Medan Seragam
<i>Un-uniform field</i>	= Medan Tak Seragam
<i>Bridging</i>	= Jembatan Partikel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator adalah suatu peralatan dari sistem tenaga listrik yang memiliki peran penting di dalam pendistribusian energi listrik. Transformator berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan listrik pada sistem tenaga. Untuk menjaga agar transformator bekerja dengan baik maka diperlukan minyak transformator yang memiliki fungsi sebagai pendingin dan isolasi dengan kualitas yang baik. Isolasi yang umum digunakan pada transformator meliputi isolasi minyak dan isolasi kertas. Salah satu jenis isolasi cair yang sering digunakan pada transformator adalah minyak mineral (*mineral oil*). Namun, penggunaan minyak mineral masih menjadi kontroversi karena terkait dengan isu-isu lingkungan [1]

Berdasarkan studi sejenis yang dilakukan sebelumnya, pada minyak transformator berbahan baku minyak mineral, proses terbentuknya gelembung udara terjadi dikarenakan suhu yang terlalu tinggi, tingkat kelembaban yang tinggi, discharge, dan dekomposisi material. Terdapatnya gelembung udara didalam dielektrik cair sebagai gas yang memiliki permitivitas dan kekuatan dielektrik yang lebih kecil serta memiliki kekuatan elektrik yang lebih rendah dibandingkan dengan dielektrik cair, dapat menjadi jembatan terjadinya peluahan awal di dalam gelembung yang ada di dalam dielektrik cair [1][2].

Salah satu cara mengatasi kelemahan minyak mineral adalah mencari alternatif pengganti yang berasal dari sumber daya terbarukan dan memiliki sifat *biodegradable*. Minyak nabati jenis *canola oil* yang diproduksi dari ekstraksi umbi lobak yang merupakan alternatif pengganti minyak mineral pada transformator [2].

Gelembung udara pada isolasi cair dapat tercipta akibat kenaikan suhu yang tinggi, sehingga dapat mengakibatkan terciptanya gelembung udara dengan jenis yang berbeda. Jenis gelembung udara yang dapat terbentuk adalah gelembung tunggal, string, dan cluster. Kehadiran gelembung udara sebagai pemicu terjadinya *internal discharge* dalam gelembung udara pada isolasi cair pada umumnya juga akan menjadi problem dalam minyak canola oil sebagai kandidat pengganti minyak mineral. Oleh karena itu, pengaruh gelembung pada canola oil menjadi penting untuk dipelajari [3].

1.2 Rumusan Masalah

Dielektrik cair yang dipakai pada transformator berfungsi sebagai media isolasi dan pendingin transformator. Penggunaan isolasi cair secara terus-menerus akan mengakibatkan kenaikan suhu pada isolasi cair. Adanya kenaikan suhu pada isolasi cair dapat menciptakan gelembung sebagai pemicu terjadinya tegangan tembus. Kehadiran gelembung udara (*bubbles*) yang terjadi pada isolasi cair diduga akan mengganggu aktivitas dielektrik cair sehingga dapat menurunkan sifat dielektrik isolasi cair. Gelembung udara pada isolasi cair dapat tercipta akibat kenaikan suhu yang tinggi, sehingga dapat mengakibatkan terciptanya gelembung udara dengan jenis yang berbeda. Jenis gelembung udara yang dapat terbentuk adalah gelembung tunggal, string, dan cluster. Pada setiap jenis gelembung, memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap kekuatan dielektrik isolasi cair. Oleh karena itu, dilakukan pengujian tegangan tembus sampel *canola oil* yang dipengaruhi oleh ketiga jenis gelembung untuk mengetahui pada jenis gelembung mana yang paling berpengaruh terhadap terjadinya penurunan nilai tegangan tembus.

Dielektrik cair yang dipakai pada transformator berfungsi sebagai media isolasi dan pendingin transformator. Penggunaan isolasi cair secara terus-menerus akan mengakibatkan kenaikan suhu pada isolasi cair. Adanya kenaikan suhu pada isolasi cair dapat menciptakan gelembung sebagai pemicu terjadinya tegangan tembus. Kehadiran gelembung udara (*bubbles*) yang terjadi pada isolasi cair diduga akan mengganggu aktivitas dielektrik cair sehingga dapat menurunkan sifat dielektrik isolasi cair. Pada transformator,

gelembung dapat tercipta dalam berbagai jenis antara lain gelembung tunggal, gelembung string, dan gelembung cluster. Dimana pada pengaplikasian dari jenis gelembung tersebut terjadi saat adanya kenaikan suhu yang tinggi sehingga gelembung dapat tercipta dengan jenis yang berbeda. Kemudian dari ketiga jenis gelembung tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui pada jenis gelembung mana yang paling berpengaruh terhadap terjadinya penurunan nilai tegangan tembus. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian tegangan tembus pada *canola oil* yang dipengaruhi oleh gelembung untuk mengetahui ketidakstabilan antara *gas* dan *liquid*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Mengamati pengaruh jenis gelembung terhadap kegagalan isolasi dengan laju kenaikan tegangan yang berbeda.
- 2 Mengukur nilai tegangan tembus pada *canola oil* yang diberi perlakuan partikel udara melalui injeksi gelembung ke dalam sampel uji.

- 3 Membandingkan besar tegangan tembus pada sampel *canola oil* yang dipengaruhi oleh gelembung udara dan tanpa gelembung udara.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, akan diberlakukan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa minyak nabati dengan jenis *Canola Oil*
2. Sampel akan dikondisikan terpengaruh oleh gelembung tunggal, gelembung string, gelembung cluster dan tanpa gelembung, dengan laju kenaikan tegangan 60s/kV, 300s/kV, dan 600s/kV.
3. Pengujian ini dilakukan untuk menguji atau mengukur kekuatan tembus pada minyak nabati jenis *Canola Oil*
4. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem elektroda Bidang-bidang berdiameter 40 mm, dan jari-jari kelengkungan elektroda batang adalah 0,35 mm dengan jarak sela sebesar 2,5mm.
5. Chamber yang digunakan berukuran 90 x 80 x 70mm yang dimodifikasi dengan jarum plastik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Di bagian pendahuluan ini memberikan pengenalan singkat tentang masalah yang sedang dipecahkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Penjelasan singkat mengenai topik utama penelitian ini disajikan dari sumber seperti artikel, jurnal, skripsi, dan paper. Yang bertujuan untuk memahami informasi yang berhubungan dengan isolasi cair, isolasi gas, isolasi minyak ekstraksi biji lobak (*Canola Oil*), gelembung udara, serta pengaruh tegangan tembus.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian membahas metodologi dan menjelaskan secara rinci peralatan penelitian seperti sampel yang digunakan, pembuatan sistem elektroda, serta rangkaian pengujian dan teknik pengujian yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil perhitungan dan pembahasan dari hasil pengujian tegangan tembus dari minyak *Canola Oil* dibawah pengaruh gelembung udara. Pengolahan data sampel dilakukan menggunakan metode *statistic* lalu disajikan ke dalam tabel dan grafik data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian akhir skripsi yang berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian berbentuk poin-poin serta saran untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. W. Rui Zhang, Qiaogen Zhang, Chong Guo, Xiaohui He and T. Wen, "Bubbles in Transformer Oil: Dynamic Behavior, Internal Discharge, and Triggered Liquid Breakdown," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 29, no. 1, pp. 86–94, 2022.
- [2] Y. Zhang, X. Tao, C. Pan, and J. Tang, "Role of air bubbles in the breakdown of flowing transformer oil," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 27, no. 5, pp. 1752–1760, 2020, doi: 10.1109/TDEI.2020.008995.
- [3] N. Y. Babaeva, D. V. Tereshonok, and G. V. Naidis, "Initiation of breakdown in bubbles immersed in liquids: Pre-existed charges versus bubble size," *J. Phys. D. Appl. Phys.*, vol. 48, no. 35, p. 355201, 2015, doi: 10.1088/0022-3727/48/35/355201.
- [4] D. Kind and H. Kärner, "High-voltage insulation technology : Textbook for electrical engineers." p. 190, 1985.
- [5] I. M. D. Harinata, J. Ilham, and T. I. Yusuf, "Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Cair dan Isolasi Udara pada Beberapa Perubahan Suhu dan Diameter Elektroda," *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–18, 2019, doi: 10.37031/jt.v17i1.39.
- [6] M. S. Naidu and V. Karamaju, *High-voltage engineering*, vol. 176, no. 6. 1913. doi: 10.1016/s0016-0032(13)90044-2.
- [7] V. A. Panov, Y. M. Kulikov, E. E. Son, A. S. Tyuftyaev, M. K. Gadzhiev, and P. L. Akimov, "Electrical breakdown voltage of transformer oil with gas bubbles," *High Temp.*, vol. 52, no. 5, pp. 770–773, 2014, doi: 10.1134/S0018151X14050228.
- [8] R. Mosch and A. Wolfgang, *High Voltage and Electrical Insulation*

Engineerin. 2011.

- [9] F. R. A. Bukit, “Analisis Kekuatan Dielektrik Minyak Campuran Metil Ester Bunga Matahari Sebagai Isolasi Cair Pada Transformator,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.37058/jee.v3i1.3650.
- [10] H. Sayogi, A. Syakur, and M. Facta, “Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda Pada Jarum-Bidang Hanung Sayogi L2F302486 Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang Abstrak”.
- [11] J. Soucek, J. Hornak, M. Svoboda, M. Gutten, and T. Koltunowicz, “Comparison of the electrical properties of canola oil with commercially available mineral oil,” *Proc. 2015 16th Int. Sci. Conf. Electr. Power Eng. EPE 2015*, pp. 634–637, 2015, doi: 10.1109/EPE.2015.7161087.
- [12] H. Mnisi and C. Nyamupangedengu, “Dissolved gases analysis of canola-based ester oil under creepage discharge,” *2020 Int. SAUPEC/RobMech/PRASA Conf. SAUPEC/RobMech/PRASA 2020*, 2020, doi: 10.1109/SAUPEC/RobMech/PRASA48453.2020.9041045.
- [13] M. K. Al-alawi, “Characteristics of alternative insulated gases in Gas Insulated Systems,” no. July, 2019.
- [14] H. Seo and D. Rhie, “Lightning Impulse Breakdown Characteristics of SF 6 -based Mixture Gases ,” *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, vol. 18, no. 7, pp. 675–681, 2005, doi: 10.4313/jkem.2005.18.7.675.
- [15] A. Ansori, N. Purwasih, H. H. Sinaga, and D. Permata, “ANALISIS TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK JARAK (Castor Oil)

SEBAGAI ALTERNATIF ISOLATOR MINYAK TRANSFORMATOR,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i2.2440.

- [16] C. Qin, Y. He, B. Shi, T. Zhao, F. Lv, and X. Cheng, “Experimental study on breakdown characteristics of transformer oil influenced by bubbles,” *Energies*, vol. 11, no. 3, 2018, doi: 10.3390/en11030634.
- [17] A. Syakur and M. Facta, “Perbandingan Tegangan Tembus Media Isolasi Udara Dan Media Isolasi Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Bidang-Bidang,” *Transmisi*, vol. 7, no. 2, pp. 26–29, 2005.
- [18] L. Gao, B. Xiang, M. Junaid, Z. Liu, Y. Geng, and J. Wang, “Effect of a PTFE film on bubble triggered DC breakdown characteristics in liquid nitrogen,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1559, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1559/1/012092.
- [19] C. S. Shaw, C. P. Rosson, and A. Uk, “AIR BREAKDOWN CHARACTERISTICS IN PLANE-PLANE AND SPHERE,” *Austin J Cerebrovasc Dis Stroke*, vol. 1, no. 5, pp. 1–5, 2014.
- [20] N. P. Ardiansyah and U. Khayam, “Characteristics of Surface Discharge around the edges of a circle the PCB on model Plane-plane electrodes in Oil insulation,” *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011146.
- [21] J. P. Hill, Z. Wang, Q. Liu, S. Matharage, A. Hilker, and D. Walker, “Improvements to the Construction of Bubble Inception Formulae for Use with Transformer Insulation,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 171673–171683, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2955802.
- [22] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High Voltage Engineering*, 2nd ed. London England: Butterworth-Heinemann, 2000.

- [23] J. Lehr and P. Ron, *Foundations of Pulsed Power Technology*, 1st ed. New Jersey: IEEE, 2017. [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>