

SKRIPSI

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA
MINYAK KEDELAI DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN
BUTYLATED HYDROXYTOULENE SEBAGAI ALTERNATIF
MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR**



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

Oleh:

ILHAM RAMADHANI

NIM. 03041181823004

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2022**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA
MINYAK KEDELAI DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN
BUTYLATED HYDROXYTOULENE SEBAGAI ALTERNATIF
MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR**

Oleh:

ILHAM RAMADHANI

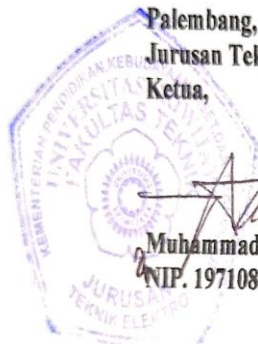
NIM. 03041181823004

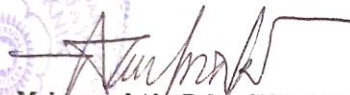
Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, Agustus 2022

Jurusan Teknik Elektro,

Ketua,




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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA
MINYAK KEDELAI DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN
BUTYLATED HYDROXYTOULENE SEBAGAI ALTERNATIF
MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR**

Oleh:

ILHAM RAMADHANI

NIM. 03041181823004

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

Palembang, Agustus 2022

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 198705312008122002

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ilham Ramadhani
Nomor Induk Mahasiswa : 03041181823004
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 10%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Investigasi Karakteristik Tegangan Tembus pada Minyak Kedelai dengan Penambahan Antioksidan *Butylated Hydroxytoulene* Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator”, 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, Agustus 2022

Yang menyatakan,



Ilham Ramadhani
NIM. 03041181823004

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 : 10 Agustus 2022

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Investigasi Karakteristik Tegangan Tembus pada Minyak Kedelai dengan Penambahan Antioksidan *Butylated Hydroxytoulene* Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator”.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan akademik pada Jurusan Teknik Elektro jenjang sarjana di Universitas Sriwijaya. Dalam menyelesaikan pembuatan skripsi ini saya mengalami tantangan yang membuat saya semakin giat belajar dan bekerja keras tentang pemahaman akan objek yang diteliti dan ditulis, akan tetapi berkat bantuan dan kerjasama dari keluarga, teman, dan sejawat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan karya ilmiah yang belum sempurna baik berupa penyajian, tata tulis ataupun materi yang dibahas. Oleh karena itu, saran yang bersifat membangun diperlukan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini.

Akhir kata, saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, do'a maupun dorongan semangat dan berbagi pengalaman yang telah diberikan untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi yang sederhana ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca yang tertarik dibidang elektro dan berguna dalam pengembangan ilmu dibidang material isolasi cair.

Palembang, Agustus 2022



Ilham Ramadhani

NIM. 03041181823004

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- ✓ Bapak Alfian, Ibu Sartina, adik Ummi Khairomah dan seluruh keluarga besar yang senantiasa mendo'akan serta memberikan dukungan secara moral dan materi untuk suksesnya studi saya;
- ✓ Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing;
- ✓ Rektor Unsri Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE dan Dekan Fakultas Teknik Dr.Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.;
- ✓ Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro;
- ✓ Pranata Senior di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik 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 sebimbingan Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya 2018 yaitu Salsa, Fini, Kgs, Feron, Alif Agung, Halim, Annisa, Jihan, Alif Fathur, Razka, dan Hafez;
- ✓ Teman-teman yang mendukung selama perkuliahan yaitu Alwan Farras, Sutra Purnama, M. Arif Kurniawan, Okky Renaldy, dan Wahyu Pratama;
- ✓ 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, Agustus 2022



Iqram Ramadhani

NIM. 03041181823004

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ilham Ramadhani
NIM : 03041181823004
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, “Investigasi Karakteristik Tegangan Tembus pada Minyak Kedelai dengan Penambahan Antioksidan *Butylated Hydroxytoluene* Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator” 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 : Agustus 2022
Yang menyatakan, _____



Ilham Ramadhani
NIM. 03041181823004

ABSTRAK

INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK KEDELAI DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN *BUTYLATED HYDROXYTOULENE* SEBAGAI ALTERNATIF MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR

(Ilham Ramadhani, 03041181823004, 2022, xvi + 40 Halaman + Lampiran)

Skripsi ini membahas hasil pengujian tentang pengaruh penambahan antioksidan *butylated hydroxytoulene* (BHT) terhadap karakteristik tegangan tembus pada minyak kedelai sebagai alternatif minyak isolasi transformator. Variasi penambahan BHT sebesar 0;0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2 wt%. Sampel dipersiapkan dengan volume sebesar 350 ml. Pencampuran minyak kedelai dengan BHT dengan cara pemanasan dan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem elektroda bola-bola dengan diameter bola sebesar 13 mm dibawah aplikasi tegangan tinggi bolak-balik dan jarak celah antar elektroda sebesar 1 mm. Laju kenaikan tegangan sebesar 100 volt perdetik. Perekaman pengujian menggunakan alat *picoscope* serta *software picoscope 4000 series* yang terpasang di PC. Dari hasil pengujian didapatkan V_{bd} rata-rata minyak kedelai murni (0% BHT) sebesar 2,797 kV. Pada konsentrasi 0,05% BHT didapat peningkatan rata-rata V_{bd} sebesar 18,91% atau 3,326 kV dari rata-rata V_{bd} Minyak kedelai murni. Tegangan tembus rata-rata tertinggi didapat pada sampel dengan penambahan 0,1% BHT yaitu sebesar 3,972 kV atau meningkat sebesar 42% dari rata-rata V_{bd} minyak kedelai murni. Ketika di konsentrasi 0,15 wt% BHT mengalami kenaikan V_{bd} 34,82% atau 3,771 kV dari rata-rata V_{bd} minyak kedelai murni. dan konsentrasi 0,2 wt% mengalami penurunan sebesar 4,64% atau 2,667 kV dari rata-rata V_{bd} minyak kedelai murni yang menunjukkan bahwa komposisi pengisi terbaik didapat pada 0,1% BHT.

Kata Kunci: Tegangan Tembus, Minyak Kedelai, *Butylated Hydroxytoulene*, Minyak Transformator

ABSTRACT

INVESTIGATION ON THE BREAKDOWN VOLTAGE CHARACTERISTICS OF SOYBEAN OIL FILLED WITH ANTIOXIDANT BUTYLATED HYDROXYTOULENE AS AN ALTERNATIVE TRANSFORMER OIL

(Ilham Ramadhani, 03041181823004, 2022, xvi + 40 Pages + Appendices)

This research studied the effect of antioxidant butylated hydroxytoluene (BHT) on breakdown voltage characteristics of soybean oil as an alternative transformer oil with filler concentration of BHT is 0; 0.05; 0.1; 0.15; and 0.2 wt%. The sample is prepared with a volume of 350 ml. Mixing soybean oil with BHT by heating and stirring using a magnetic stirrer. The test was carried out using ball steel electrode system with ball steel diameter of 13 mm under alternating current high-voltage applications and a gap between the electrodes is 1 mm. The rate of increase is 100 V/s until complete breakdown occurs. Test recording using picoscope tools as well as picoscope 4000 series software installed on the PC. Test results give average V_{bd} of pure soybean oil (0% BHT) was obtained at 2,797 kV. At a concentration of 0.05% BHT, an average increase in V_{bd} of 18.91% or 3.326 kV from the average V_{bd} of pure soybean oil was obtained. The highest average breakdown voltage was obtained at an addition of 0.1% BHT of 3.972 kV or an increase of 42% from the average V_{bd} of pure soybean oil. When at a concentration of 0.15 wt% BHT experienced an increase in V_{bd} of 34.82% or 3.771 kV from the average V_{bd} of pure soybean oil. and a concentration of 0.2 wt% decreased by 4.64% or 2.667 kV from the average V_{bd} of pure soybean oil which showed that the best filler composition was obtained at 0.1% BHT.

Keywords: Breakdown Voltage, Soybean Oil, Butylated Hydroxytoluene, Transformer Oil

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
NOMENKLATUR	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Isolator	[6

2.2 Dielektrik Cair	6
2.3 Minyak Nabati	9
2.4 Proses Oksidasi	11
2.5 Antioksidan <i>Butylated Hydroxytoulene</i> (BHT)	12
2.6 Kekuatan Dielektrik	13
2.7 Kegagalan (<i>Breakdown</i>) Isolasi Cair	13
BAB III	20
METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Pendahuluan	20
3.2 Diagram Alir Penelitian	21
3.3 Sampel Penelitian	22
3.4 Peralatan Pengujian	24
3.5 Penyiapan Sampel Uji	28
3.6 Sistem Elektroda	29
3.7 Rangkaian Pengujian	30
3.8 Pengambilan Data	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Umum	33
4.2 Hasil Pengujian	33
4.3 Pembahasan	35
BAB V	37
PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Kedelai.....	11
Gambar 2.2 Antioksidan <i>Butylated Hydroxytoulene</i> (BHT).....	13
Gambar 2.3 Kegagalan Elektronik.....	14
Gambar 2.4 Pengaruh medan terhadap gelembung udara.....	16
Gambar 1.5 Bola Cair yang Memanjang dan Memicu Kegagalan.....	16
Gambar 2.6 kegagalan (<i>breakdown</i>) akibat butiran padat.....	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Minyak kedelai.....	21
Gambar 3.3 Antioksidan <i>Butylated Hydroxytoulene</i> (BHT).....	22
Gambar 3.4 <i>Magnetic Stirrer</i>	23
Gambar 3.5 Neraca Analitik.....	23
Gambar 3.6 Transformator Tegangan Tinggi Bolak-balik.....	24
Gambar 3.7 Tahanan Tegangan Tinggi.....	24
Gambar 3.8 HV Probe Tektronix P6015A.....	25
Gambar 3.9 Gelas Ukur.....	25
Gambar 3.10 <i>Picoscope</i>	26
Gambar 3.11 <i>Vacuum Drying Oven</i>	26
Gambar 3.12 Proses Pencampuran Sampel Uji.....	27
Gambar 3.13 Rancang Sistem Elektroda.....	28
Gambar 3.14 Sistem Elektroda.....	28
Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian.....	29
Gambar 4.1 Nilai V_{bd} pada Sampel Uji Minyak Kedelai dengan variasi Penambahan Antioksidan <i>Butylated Hydroxytoulene</i> (BHT)....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Isolasi Minyak IEC 60422-2013.....	7
Tabel 2.2 Standar Isolasi Minyak SPLN 49-1 : 1982.....	8
Tabel 2.3 Karakteristik Dielektrik Minyak Kedelai.....	11
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 3.1 Kandungan Minyak merk Dagang Happy Soya Oil.....	21
Tabel 3.2 Karakteristik antioksidan <i>Butylated Hydroxytoulene</i> (BHT).....	22
Tabel 4.1 Nilai V_{BD} rata-rata minyak Kedelai dengan variasi penambahan BHT.....	32

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	13
Persamaan 2.2.....	15
Persamaan 2.3.....	17
Persamaan 2.4.....	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tahap-tahap Kegiatan Penelitian

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Nilai Rata-rata Tegangan Tembus

Lampiran 3 Grafik Gelombang Sinusoidal Hasil Pengukuran Pada Aplikasi
Picoscope 4000 Series

Lampiran 4 Plagiarisme *Turnitin*

NOMENKLATUR

E : kuat medan listrik yang mampu ditahan material isolasi (kV/mm)

V : tegangan maksimum yang tercatat alat ukur (kV)

d : jarak sela udara

C : kapasitansi

C_g : kapasitansi gap udara

ε : permitivitas bahan

C_d : kapasitansi material isolasi

ε_r : konstanta dielektrik relatif (1,0054)

ε_0 : konstanta dielektrik ruang hampa ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)

A : luas permukaan elektroda

DAFTAR ISTILAH

<i>Avalance</i>	: Banjiran Elektron
<i>Biodegradable Oil</i>	: Minyak yang dapat diurai oleh alam
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan Tembus
<i>Butylated Hydroxytoulene</i>	: Jenis Zat Antioksidan
<i>Flash Point</i>	: Titik Nyala
<i>Gap</i>	: Jarak Celah
<i>Grounding</i>	: pentanahan
<i>Partial Discharge</i>	: Peluahan Sebagian
<i>Pour Point</i>	: Titik Tuang
<i>Risetime</i>	: Waktu Kenaikan
<i>Soybean Oil</i>	: Minyak Kedelai
<i>Spark-gap</i>	: Celah Percikan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator merupakan peralatan utama didalam sistem kelistrikan. Keandalan transformator sangat diperlukan dalam pendistribusian tenaga listrik dari produsen ke konsumen. Transformator dalam operasinya memerlukan isolasi cair yang berfungsi sebagai isolator dan menyerap panas yang dihasilkan arus yang tinggi pada lilitan transformator. Kegagalan dari sistem isolasi pada transformator dapat menimbulkan peristiwa peluahan sebagian (*partial discharge*) yang berlanjut hingga terjadinya tembus sempurna (*complete breakdown*) [1].

Pada umumnya transformator menggunakan isolasi cair yang diproduksi dengan bahan baku minyak mineral. Namun minyak mineral mempunyai beberapa kekurangan seperti ketersediaan terbatas, tidak ramah lingkungan dan *un-biodegradable oil*. Terkait dengan isu diatas pengembangan minyak transformator sangat diperlukan salah satunya dengan upaya pemanfaatan minyak nabati sebagai alternatif minyak isolasi transformator [1], [2].

Salah satu minyak nabati yang dapat menjadi alternatif minyak transformator adalah minyak kedelai. Minyak kedelai (*soybean oil*) merupakan ester alami yang diperoleh dari biji kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*). Minyak kedelai mampu menggantikan minyak mineral sebagai minyak transformator dengan konsep sumber terbaharukan. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Egbuna et.al [2016] minyak kedelai dipilih sebagai alternatif bahan isolasi transformator karena memiliki titik nyala (*flash point*) pada suhu 250°C. Berdasarkan standar ASTM (*American Standar Testing and Material*) D93 [3].

Kekurangan minyak kedelai antara lain adalah tingginya asam lemak jenuh daripada asam lemak tak jenuh dan menyebabkan proses oksidasi yang tinggi pada minyak. Oksidasi lipid adalah proses pembentukan radikal bebas dan hidroperoksida terutama hasil reaksi antara asam lemak dan oksigen, yang mengarah pada penurunan kualitas minyak pada membran, enzim, protein, dan dapat mengganggu mekanisme perbaikan sel. Oksidasi lipid dapat menyebabkan hilangnya asam lemak esensial yang dapat mempengaruhi kualitas dan stabilitas minyak selama masa pemakaian [4].

Proses oksidasi pada performa minyak transformator dapat mengakibatkan degradasi tegangan tembus serta komponen-komponen dalam transformator yang terbuat dari besi menjadi berkarat. Apabila dalam waktu lama proses oksidasi di dalam minyak transformator tidak segera diatasi, hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan kekuatan tegangan tembus minyak isolasi maupun kerusakan pada transformator itu sendiri [5].

Salah satu cara untuk meminimalisir proses oksidasi menurut Indiarjo et.al [2020] yaitu dengan penggunaan zat antioksidan baik sintetis maupun alami yang dapat mengurangi proses oksidasi yang terjadi pada minyak. Salah satu contoh antioksidan sintetis yaitu *butylated hydroxytoluene* (BHT) [6]. Berdasarkan studi yang dilakukan Karthik et.al [2015] diketahui bahwa efek penggunaan antioksidan pada minyak nabati dapat meningkatkan karakteristik kekuatan dielektrik dengan peningkatan nilai tegangan tembus, tingkat penuaan yang rendah, stabilitas oksidatif yang baik, dan pembentukan gelembung gas rendah yang diamati selama dan setelah pengujian [7].

Berdasarkan pertimbangan diatas pada penelitian ini akan dibahas pengujian kekuatan dielektrik dari minyak kedelai berupa pengujian tegangan tembus terhadap minyak kedelai yang diberi pengisi antioksidan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT). Pengujian ini membandingkan tegangan

tembus pada minyak kedelai sebelum dan setelah minyak kedelai diberi penambahan BHT untuk mendapatkan komposisi pengisi dengan kekuatan tegangan tembus maksimum.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan minyak kedelai sebagai bahan isolasi transformator menjadi penting [3]. Penambahan bahan pengisi BHT kedalam minyak kedelai (*soybean oil*) adalah untuk menjaga performa, umur pemakaian, dan mengurangi proses oksidasi yang mengakibatkan penurunan kekuatan isolasi minyak kedelai apabila digunakan sebagai alternatif minyak transformator [6],[7]. Penggunaan antioksidan yang mempertimbangkan isu lingkungan dan keterbatasan sumber daya minyak mineral memperkuat alasan pentingnya studi ini untuk dilakukan [2],[7]. Pengujian ini mempelajari kekuatan dielektrik minyak kedelai dengan penambahan antioksidan *butylated hydroxytoluene* (BHT) dengan konsentrasi berbeda dan membandingkan kekuatan dielektrik terhadap tegangan tembus dari semua sampel.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan antara lain untuk:

1. Mempelajari peningkatan kekuatan isolasi minyak kedelai setelah diberi pengisi antioksidan *butylated hydroxytoluene* (BHT).
2. Untuk mendapatkan nilai tegangan tembus dari minyak kedelai yang ditambahkan antioksidan *butylated hydroxytoluene* (BHT).
3. Membandingkan kekuatan tegangan tembus sampel uji minyak kedelai sebelum dan sesudah penambahan antioksidan *butylated hydroxytoluene* (BHT) untuk mendapatkan komposisi BHT yang memiliki nilai tegangan tembus tertinggi.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dalam batasan-batasan sebagai berikut:

1. Sampel uji yang digunakan adalah minyak kedelai dengan penambahan antioksidan *butylated hidroxytoluene* (BHT).
2. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi pada minyak kedelai dan antioksidan *butylated hidroxytoluene* (BHT).
3. Penelitian menggunakan sistem elektroda bola-bola berdiameter 13 mm dan jarak sela elektroda 1 mm.
4. Volume minyak kedelai 350 ml termasuk pengisi BHT yang ditambahkan dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2 wt% .
5. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan tinggi bolak-balik (HVAC) pada frekuensi kerja 50 Hz.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dipakai didalam tugas akhir ini antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdapat penjelasan mengenai latar belakang, tujuan, dan rumusan masalah dari penelitian ini. Penjelasan mengenai isolasi cair, zat antioksidan, dan pengaruhnya terhadap material isolasi minyak dan hubungan untuk penelitian ini dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi studi literatur yang didapat dari sumber seperti paper, artikel, jurnal, *e-book*, skripsi, dan lainnya. Tujuan dilakukan studi literatur untuk memahami informasi tentang penelitian terdahulu, maupun informasi yang berhubungan tentang karakteristik isolasi minyak kedelai, zat antioksidan, serta tegangan tembus pada isolasi cair.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat metode yang dilakukan dalam penelitian, diagram penelitian, serta bahan dan alat yang dipakai, lalu proses pembuatan sampel uji, prosedur pengujian, dan tabel data hasil penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas tentang karakteristik tegangan tembus dengan perbedaan konsentrasi penambahan antioksidan *butylated hydroxytoluene* (BHT) pada minyak kedelai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran berisi poin-poin dan saran yang diperlukan untuk penelitian-penelitian yang bisa dikembangkan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Koch, M. Fischer, and S. Tenbohlen, "The breakdown voltage of insulation oil under the influences of humidity, acidity, particles and pressure," *Sci. Pap. Inst. Electr. Eng. Fundam. Wroclaw Tech. Univ. Conf.*, no. 46, pp. 98–103, 2007.
- [2] M. R. Ahmed, M. Shahidul Islm and A. K. Karmaker, "Experimental Investigation of Electrical and Thermal Properties of Vegetable Oils for Used in Transformer," *2021 International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry 4.0 (ACMI)*, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ACMI53878.2021.9528278..
- [3] Egbuna, S.O.*, Ude, O.C., and Ude, C.N., "Suitability of Soybean Seed Oil as Transformer Oil," *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology – Enugu-Nigeria*, pp. 105-112, 2016, doi: 10.5281/zenodo.159296..
- [4] G. M. Suárez-Jiménez, C. M. López-Saiz, H. E. Ramírez-Guerra, J. M. Ezquerro-Brauer, S. Ruiz-Cruz, and W. Torres-Arreola, "Role of endogenous and exogenous tocopherols in the lipid stability of marine oil systems: A review," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 17, no. 12, 2016.
- [5] A. Patil, S. P. Taware, M. D. Oak, S. A. Tamhankar, and V. S. Rao, "Improvement of Oil Quality in Soybean [Glycine max (L.) Merrill] by Mutation Breeding," *JAACS, J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 84, pp. 1117–1124, 2007
- [6] Rossi Indiarito, and Muhammad Abdillah Hasan Qonit, "A Review of Soybean Oil Lipid Oxidation and Its Prevention Techniques," *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 29, No. 6, pp. 5030 - 5037, 2020.
- [7] M. Karthik, M. W. Iruthayarajan and M. Bakruthen, "Investigation of vegetable oil blended with antioxidant," *2015 IEEE International*

Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 2015, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICECCT.2015.7225935.

- [8] A. Afseena, J. Jacob and P. Preetha, "Temperature Dielectric Spectrum Analysis of Soybean Ester Nanofluid, Mineral Oil and Soybean Ester Impregnated-Papers," *2018 International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies (ICCPCT)*, 2018, pp. 200-204, doi: 10.1109/ICCPCT.2018.8574272.
- [9] D. K. Mahanta and S. Laskar, "Electrical insulating liquid: A review," *J. Adv. Dielectr.*, vol. 7, no. 4, pp. 1–9, 2017, doi: 10.1142/S2010135X17300018.
- [10] 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.
- [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] Ansyori, Z. Nawawi, M. Abubakar Siddik, and I. Verdana, "Analysis of Dielectric Strength of Virgin Coconut Oil as an Alternative Transformer Liquid insulation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 5, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/5/052003.
- [13] M. Martins, "Vegetable oils, an alternative to mineral oil for power transformers- experimental study of paper aging in vegetable oil versus mineral oil," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 26, no. 6, pp. 7–13, 2010, doi: 10.1109/MEI.2010.5599974.
- [14] A. Raymon, P. S. Pakianathan, M. P. E. Rajamani and R. Karthik, "Enhancing the critical characteristics of natural esters with

- antioxidants for power transformer applications," in *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 20, no. 3, pp. 899-912, June 2013, doi: 10.1109/TDEI.2013.6518959.
- [15] L. S. Mohammed, Mazood, M. Bakruthen, M. Willjuice, Iruthayarajan and M. Karthik, "Studies on critical properties of vegetable oil based insulating fluids," *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/INDICON.2015.7443438.
- [16] F. H. Krueger. "Industrial High Voltage," no. September 2013. Delft University Press, pp. 117–132, 1992.
- [17] F. Hariyanto. "Analisis Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Transformator dengan Aditif Amina, BHT, dan Fenol.," pp. 839–842, 2014, doi: 10.1109/CEIDP.2012.6378911.
- [18] E. Kuffel, J. Kuffel, W.S. Zaengl, *High Voltage Engineering : Second Edition*. London: Permagon Press, 2000.
- [19] Y. Negara, H. Satriyadi, A. Dimas Anton, A. Musthofa and D. Fahmi. "Investigation of intrinsic breakdown of transformer oil insulation: An experimental approach," *The 2nd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE) 2014*, 2014, pp. 66-69, doi: 10.1109/ICPERE.2014.7067245.
- [20] Inoue, C., Hagura, Y., Ishikawa, M., & Suzuki, K.. *The Dielectric Property of Soybean Oil in Deep-Fat Frying and the Effect of Frequency*. *Journal of Food Science*, 2002, 67(3), 1126–1129. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb09464.
- [21] Ping Yu, Yunbai Luo. *Determination of antioxidants in vegetable insulating oils by HPLC*, *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 8, 033103 (2016); doi: 10.1063/1.4954235.