

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PENUAAN TERMAL TERHADAP KEKUATAN
TEMBUS PADA CAMPURAN *RICE BRAN OIL* DAN
SENYAWA *BENZYL BENZOATE* (BnBzO)**



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

Oleh:

**YOGI FRATAMA
NIM. 03041381924077**

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PENUAAN TERMAL TERHADAP KEKUATAN
TEMBUS PADA CAMPURAN *RICE BRAN OIL* DAN
SENYAWA *BENZYL BENZOATE* (BnBzO)**

Oleh:
YOGI FRATAMA
NIM. 03041381924077

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, Juli 2023
Ketua Jurusan Teknik Elektro,



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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGARUH WAKTU PENUAAN TERMAL TERHADAP KEKUATAN
TEMBUS PADA CAMPURAN *RICE BRAN OIL* DAN
SENYAWA *BENZYL BENZOATE* (BnBzO)**

Oleh:
YOGI FRATAMA
NIM. 03041381924077

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

Palembang, Juli 2023
Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Yogi Fratama
Nomor Induk Mahasiswa : 03041381924077
F akultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 8 %

Menyatakan bahwa,

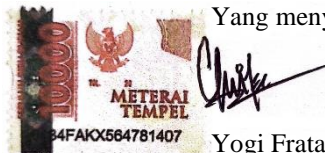
Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Waktu Penuaan Termal Terhadap Kekuatan Tembus Pada Campuran *Rice Bran Oil* dan senyawa *Benzyl Benzoate* (BnBzO)”, merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya.

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

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

Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan,



Yogi Fratama

NIM. 03041381924077

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 :

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'R' followed by several smaller, connected strokes, positioned above a horizontal line.

Pembimbing Utama :

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

Tanggal

Juli 2023

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Penuaan Termal Terhadap Kekuatan Tembus Pada Campuran *Rice Bran Oil* dan senyawa *Benzyl Benzoate*”.

Skripsi yang merupakan karya ilmiah yang saya hasilkan tentunya masih jauh dari kesempurnaan, baik dari tata bahasa, penyajian, dan juga materi yang dibahas. Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan serta do'a sehingga skripsi yang merupakan persyaratan akademik ini dapat diselesaikan, semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan menjadi amal kebaikan dimata Allah SWT. Saya berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan juga berguna bagi pengembangan ilmu dibidang teknik elektro khususnya dibidang isolasi cair.

Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan,



Yogi Fratama

NIM. 03041381924077

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- Bapak Haris Padila, Ibu Dami Iriani, serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa yang senantiasa dipanjatkan untuk pendidikan saya;
- Dosen Pembimbing, Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng ;
- Bapak Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU, Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T., yang memberikan bimbingan untuk menyelesaikan tugas akhir;
- Rektor Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE, IPU, MKU, ASEAN. Eng. dan Dekan Fakultas Teknik Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.;
- Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. selaku ketua jurusan, serta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya;
- Ibu Desi Windi Sari, S.T., M.Eng. selaku pembimbing akademik;
- Pranata, Senior di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Mbak Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., Kak Ferlian Seftianto S.T.;
- Semua anggota Laboratorium *Electrical Energy and Safety* yang terlibat dalam penelitian Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik (TTTTPL) angkatan 2019 yaitu Govin, Bintang, Iqbal, Dicky, Fathan, Fadil, Azmi, Dani, Sandy, Try, Dessy, Kiki, Nadia, dan Disha;
- Admin dan akademik jurusan teknik elektro;
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2019 Universitas Sriwijaya.

- 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

Yang menyatakan,



Yogi Pratama

NIM. 03041381924077

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Yogi Fratama
NIM : 03041381924077
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Pengaruh Waktu Penuaan Termal Terhadap Kekuatan Tembus Pada Campuran *Rice Bran Oil* dan senyawa *Benzyl Benzoate (BnBzO)*” beserta perangkat yang ada.

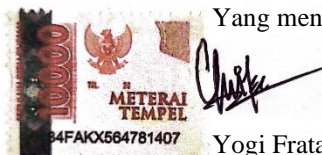
Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palembang

Pada tanggal : Juli 2023

Yang menyatakan,



Yogi Fratama

NIM.03041381924077

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU PENUAAN TERMAL TERHADAP KEKUATAN TEMBUS PADA CAMPURAN *RICE BRAN OIL* DAN SENYAWA *BENZYL BENZOATE* (BnBzO)

(Yogi Fratama, 03041381924077, 2023 xxi + 49 Halaman + Lampiran)

Penelitian ini membahas tentang hasil studi mengenai pengaruh waktu penuaan termal terhadap kekuatan tembus pada *Rice Bran Oil* yang diberi campuran berupa senyawa *Benzyl Benzoate* (BnBzO), dengan variasi konsentrasi sebesar 5; 10; dan 15 wt%. Sampel ditempatkan kedalam sebuah bejana galvanis lalu diberi perlakuan termal dengan menggunakan oven mekanik dengan variasi lama perlakuan (0; 16; dan 24 jam). Pengujian tegangan tembus dilakukan menggunakan sistem elektroda bola-bola $\varnothing = 13\text{mm}$ dengan jarak sela antar elektroda 1mm dengan aplikasi tegangan tinggi AC yang dinaikan secara perlahan sampai terjadinya tembus sempurna. Pada sampel *Rice Bran Oil* tanpa campuran mendapatkan nilai VBD sebesar 3,80 kV. Penambahan senyawa BnBzO dapat meningkatkan nilai VBD menjadi 4,17; 4,28; dan 4,49 kV secara berturut-turut untuk setiap konsentrasi. Peningkatan ini cukup signifikan, dibandingkan dengan sampel tanpa diberi campuran. Namun, pemberian perlakuan termal pada masing-masing konsentrasi campuran memberikan pengaruh terhadap proses penuaan pada minyak, yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai VBD yang berhubungan dengan lamanya waktu perlakuan. Pengukuran menunjukkan adanya tren penurunan nilai tegangan tembus yang hampir konsisten pada setiap konsentrasi campuran mengikuti lamanya waktu perlakuan. Penurunan signifikan terjadi pada sampel yang tidak diberi campuran, nilai VBD menurun menjadi 3,65 dan 3,44 kV. Hasil pengukuran nilai viskositas pada masing-masing konsentrasi ialah 2.46×10^{-5} ; 2.03×10^{-5} ; 1.92×10^{-5} dan 1.83×10^{-5} dPas.

Kata Kunci : Penuaan Termal, *Rice Bran Oil*, *Benzyl Benzoate*, Viskositas, *Breakdown Voltage* (V_{BD})

ABSTRACT

THE EFFECT OF THERMAL AGING TIME ON THE DIELECTRIC STRENGTH OF RICE BRAN OIL MIXED WITH BENZYL BENZOATE (BnBzO) COMPOUNDS

(Yogi Fratama, 03041381924077, 2023 xxi + 49 Page + Appendices)

This research discusses the results of a study regarding the effect of thermal aging time on the dielectric strength of Rice Bran Oil which is given a mixture of the compound Benzyl Benzoate (BnBzO), with concentration variations of 5; 10; and 15 wt%. The samples were placed into a galvanized vessel and then subjected to thermal treatment using a mechanical oven with various treatment times (0; 16; and 24 hours). The breakdown voltage test was carried out using a spherical electrode system $\varnothing = 13\text{mm}$ with an interval of 1mm between the electrodes with the application of a high AC voltage which was increased slowly until a complete breakdown occurred. In the Rice Bran Oil sample without mixture, it obtained a VBD value of 3.80 kV. The addition of BnBzO compounds can increase the VBD value to 4.17; 4.28; and 4.49 kV respectively for each concentration. This increase is quite significant, compared to the sample without being given a mixture. However, the provision of thermal treatment at each concentration of the mixture has an effect on the aging process in the oil, which is indicated by a decrease in the VBD value associated with the length of treatment time. Measurements showed that there was an almost consistent trend of decreasing breakdown voltage values at each concentration of the mixture following the length of treatment time. A significant decrease occurred in the samples that were not mixed, the VBD values decreased to 3.65 and 3.44 kV. The result of measuring the viscosity value at each concentration is 2.46×10^{-5} ; 2.03×10^{-5} ; 1.92×10^{-5} dan 1.83×10^{-5} dPas.

Keywords : Thermal Aging, *Rice Bran Oil*, *Benzl Benzoate*, *Viscosity*, *Breakdown Voltage (VBD)*

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	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Isolator	6
2.2 Dielektrik Cair	6
2.3 Minyak Nabati	9

2.4	Minyak Dedak Padi (<i>Rice Bran Oil</i>).....	10
2.5	Viskositas	11
2.6	BnBzO (Benzyl Benzoate)	12
2.7	Kekuatan Dielektrik.....	13
2.8	Kegagalan (<i>Breakdown</i>) Isolasi Cair	13
2.9	Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Pendahuluan.....	24
3.2	Metode Penelitian	24
3.3	Diagram Alir Penelitian	25
3.4	Bahan Penelitian	27
3.4.1	Minyak Bekatul (<i>Rice Bran Oil</i>).....	27
3.4.2	Senyawa Organik Benzyl Benzoate (BnBzO)	28
3.4.3	Konduktor Tembaga.....	29
3.5	Peralatan Pengujian	29
3.5.1	Neraca Analitik.....	29
3.5.2	Glass Beaker.....	30
3.5.3	Magnetic Stirrer.....	30
3.5.4	Bejana Minyak.....	31
3.5.5	Vacumm Drying Oven.....	31
3.5.6	Transformator Tegangan Tinggi Bolak-balik	32
3.5.7	High Voltage Probw (HV Probe)	33
3.5.8	Picoscope.....	33
3.5.6	Oven Mekanis.....	34
3.6	Pembuatan Sampel Uji	34

3.6.1	Bahan dan Komposisi	34
3.6.2	Proses Pencampuran	34
3.6.3	Perlakuan Termal.....	35
3.7	Sistem Elektroda	36
3.8	Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus	37
3.9	Prosedur Pengujian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Umum.....	40
4.2	Data Hasil Pengujian.....	40
4.2.1	Pengujian Viskositas	40
4.2.2	Pengujian Tegangan Tembus.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur anatomi Padi	10
Gambar 2. 2 Gambar Dedak Padi	11
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Benzyl Benzoate	12
Gambar 2. 5 Pergerakan partikel padat pada isolasi cair	15
Gambar 2. 6 Gelembung udara yang terbentuk akibat permukaan elektroda yang tidak rata dan runcing.....	16
Gambar 2. 7 Pengaruh gelembung udara terhadap medan listrik	17
Gambar 2. 8 Bola memanjang dan Memicu Kegagalan	18
Gambar 2. 9 Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan jarak sela ..	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 2 Minyak Bekatul produk Oryza Grace	27
Gambar 3. 3 Senyawa Organik Benzyl Benzoate produk Pharmachical	28
Gambar 3. 4 Konduktor Tembaga	29
Gambar 3.5 Neraca Analitik merk SF-400C.....	30
Gambar 3.6 Glass Beaker	30
Gambar 3. 7 Magnetic Stirer merk Bante Instrument Ms-300.....	31
Gambar 3. 8 Bejana Galvanis	31
Gambar 3. 9 Vacum Drying oven merk Be-One tipe VOV-50.....	32
Gambar 3. 10 Tranformer HVAC 20kV Produk Musashi Electrical Instruments Works Ltd	32
Gambar 3. 11 High Voltage Probe Tektronix P6015a	33
Gambar 3. 12 Picoscope 4000 Series.....	33
Gambar 3. 13 Oven Mekanis	34
Gambar 3. 14 Tahapan Proses Pembuatan Sampel.....	35
Gambar 3. 15 Desain Sistem Elektroda	36
Gambar 3. 16 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus	38

Gambar 4. 1 Perbandingan Nilai Viskositas Rice Bran Oil terhadap konsentrasi BnBzo	41
Gambar 4. 2 Karakteristik nilai tegangan tembus dengan konsentrasi bahan pengisi yang bervariasi	43
Gambar 4. 3 Nilai Tegangan Tembus pada variasi konsentrasi campuran dengan diberi variasi perlakuan penuaan termal	44

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 Penelitian yang berkaitan dengan studi yang akan dilakukan.....	20
Tabel 3. 1 Kandungan Minyak Bekatul per takaran saji 15 ml produk Oryza Grace.....	28
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian viskositas pada Rice Bran Oil yang diberikan campuran senyawa Benzyl Benzoate (BnBzO)	41
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Rice Bran Oil yang diberikan campuran senyawa Benzyl Benzoate (BnBzO)	42

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	13
Persamaan 2.2	14
Persamaan 2.3	16
Persamaan 2.4	18
Persamaan 2. 5	19
Persamaan 2. 6	20

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tahap-tahap Kegiatan Penelitian
- Lampiran 2 Data Hasil Pengujian
- Lampiran 3 Rekaman Hasil Gelombang Sinusoidal Pada Aplikasi
Picoscope 4000 Series

NOMENKLATUR

μ	: Viskositas (poise)
P	: Tekanan (atm)
r	: Jari-jari (m)
l	: Panjang tabung (m)
V	: Volume cairan yang mengalir (liter)
t	: Lama aliran (detik)
E	: Kuat medan listrik yang mampu ditahan material isolasi (kV/mm)
V	: tegangan maksimum yang tercatat alat ukur (kV)
d	: gap atau jarak celah antar elektroda (mm)
F	: Besarnya gaya yang bekerja pada partikel
r	: Jari-jari partikel berbentuk bola
ϵ_1	: Permittivitas Cairan Isolasi
ϵ_2	: Permittivitas Partikel yang terdapat pada isolasi cair
E	: Kuat medan listrik
E_b	: Kekuatan medan cairan yang terdapat gelembung udara
E_0	: Kekuatan medan cairan tanpa
σ	:Tegangan permukaan cairan
r	: Jari-jari gelembung
V_b	:Tegangan tembus
A	: Konstanta
n	: konstanta (kurang dari 1)

DAFTAR ISTILAH

<i>Mineral Oil</i>	: Minyak Mineral
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan Tembus
<i>Biodegradable</i>	: Ramah Lingkungan
<i>Flash Point</i>	: Titik Nyala
<i>Pour Point</i>	: Titik Tuang
<i>Rice Bran Oil</i>	: Minyak Dedak Padi
Gap	: Jarak Sela Antar Elektroda
<i>Konduktivitas</i>	: kemampuan suatu bahan menahan arus
<i>Viskositas</i>	: Kekentalan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator daya merupakan salah satu peralatan yang penting dalam sistem tenaga listrik [1]. Untuk menjalankan fungsinya transformator membutuhkan minyak isolasi yang berfungsi sebagai pendingin panas yang timbul karena mengalirnya arus yang besar pada kumparan lilitan transformator [2]. Transformator yang beroperasi dengan jangka waktu yang lama dapat menyebabkan turunnya nilai tahanan dan kenaikan viskositas dari minyak, hal ini dapat menyebabkan penurunan kekuatan dielektrik pada minyak transformator dikarenakan pada saat transformator beroperasi, minyak transformator di dalamnya mengalami beban berupa medan listrik dan beban thermal. Yang berasal dari belitan maupun inti transformator, hal ini berdampak pada masa pakai transformator yang bisa berujung terjadinya kegagalan isolasi [3].

Minyak mineral (*Mineral Oil*) adalah cairan isolasi yang paling sering digunakan pada transformator daya. Namun, minyak mineral memiliki dampak negatif yakni beracun, tidak ramah lingkungan dan memiliki sifat biodegradable yang buruk terhadap lingkungan. Sehingga diperlukan alternatif minyak transformator yang berasal dari sumber daya terbarukan dan memiliki sifat biodegradable yang baik. Minyak nabati dianggap bisa menjadi alternatif pengganti minyak mineral, karena memiliki beberapa kelebihan seperti, tidak beracun, sifat biodegradable yang baik terhadap lingkungan (> 95%), memiliki titik nyala (*flash point*) dan titik api (*fire point*) yang tinggi [4]. Akan tetapi kebanyakan jenis minyak nabati memiliki viskositas yang tinggi dan mudah teroksidasi. Viskositas minyak yang tinggi akan

mempengaruhi sifat perpidahan panas minyak dan berakibat naiknya suhu pada transformator [5].

Rezai, E.S. et.al (2011) melaporkan bahwa proses oksidasi pada minyak dapat diminimalisir dengan menambahkan antioksidan dari sumber nabati sebagai antioksidan alami [6]. *Rice Bran Oil* merupakan ester alami yang diperoleh dari lapisan luar keras berwarna coklat dari beras yang disebut dedak, diperkirakan dapat menjadi alternatif pengganti minyak isolasi berbahan mineral karena memiliki keunggulan seperti asam lemak jenuh yang rendah serta mengandung senyawa antioksidan yang dapat mencegah terjadinya oksidasi [7].

Dalam industri berbasis minyak bumi, viskositas dari minyak mentah dapat dikurangi dengan cara menambahkan pelarut aromatik. Pelarut kimia seperti toluene (TE), tertamyl methyleter (TAME), methyl terr butyl ether (MTBE), dan xilena (XYE), digunakan dalam beberapa studi pengurangan viskositas di bidang minyak bumi. Juga, turunan asam benzil benzoate, dengan membandingkan sifat dari pelarut diatas, benzil benzoate adalah satu-satunya senyawa yang memiliki nilai titik nyala (*flash point*) lebih baik dari pada pelarut lainnya. Berdasarkan studi yang dilakukan sebelumnya *Benzyl Benzoate* yang merupakan senyawa organik, tidak hanya memiliki kemampuan menurunkan viskositas tetapi juga dapat menaikkan kekuatan dielektrik dari minyak [8]. Maka dari itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu penuaan termal terhadap kekuatan tembus pada campuran *Rice Bran Oil* dan senyawa *Benzyl Benzoate*.

1.2 Rumusan Masalah

Minyak isolasi terus mengalami tekanan termal selama pengoperasian transformator, secara umum material isolasi akan mengalami penurunan kekuatan dielektrik seiring berjalanya waktu pemakaian. Cairan berbasis

minyak nabati dipilih sebagai alternatif minyak mineral karena memiliki titik nyala dan titik api yang tinggi dan mudah terurai dibandingkan dengan minyak mineral. Namun minyak nabati memiliki viskositas yang lebih tinggi dan mudah teroksidasi. Pada penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa penambahan Benzyl Benzoate memiliki kemampuan menurunkan viskositas serta menaikkan kekuatan dielektrik dari minyak sawit [8].

Jika campuran Rice Bran Oil dan Senyawa Benzyl Benzoate akan digunakan sebagai minyak isolasi di masa depan, kekuatan dielektrik minyak harus tetap berada dalam rentang nilai normal, maka penelitian mengenai pengaruh campuran terhadap viskositas menjadi penting untuk dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tegangan tembus dari campuran Rice Bran Oil dan Senyawa Benzyl Benzoate diperlukan untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh waktu penuaan termal pada campuran Rice Bran Oil dan Senyawa Benzyl Benzoate.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengukur nilai tegangan tembus pada campuran *rice bran oil* dan senyawa *benzyl benzoate*
2. Mengamati perbandingan nilai tegangan tembus pada campuran *rice bran oil* dan senyawa *benzyl benzoate* setelah diberi perlakuan penuaan termal
3. Mengukur nilai viskositas dari campuran *rice bran oil* dan senyawa *benzyl benzoate*

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa minyak nabati dengan jenis *Rice Bran Oil*

2. Sampel berupa cairan Rice Bran Oil yang digunakan untuk setiap kali pengujian dengan volume 350 ml. Bahan campuran berupa senyawa Benzyl Benzoate dengan rasio persentase berat terhadap Volume sampel uji masing-masing adalah 0; 5; 10; dan 15 wt%
3. Lama perlakuan termal terhadap masing-masing sampel adalah 16 dan 24 jam.
4. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sistem elektroda Bola-bola berdiameter 13mm dengan jarak sela sebesar 1mm.
5. Pengujian yang dilakukan pada minyak adalah pengukuran Tegangan Tembus dibawah Tegangan Bolak-balik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi penjelasan tentang kelebihan dan kekurangan dari minyak mineral, minyak nabati berjenis *Rice Bran Oil* sebagai alternatif minyak transformator. serta penambahan senyawa organik, *Benzyl Benzoate*, dan pengaruh waktu penuaan termal pada cairan dibahas.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini informasi yang di dapat, dari sumber seperti artikel, skripsi, jurnal, serta paper. Yang bertujuan untuk memahami informasi yang berhubungan dengan isolasi minyak bekatul (*Rice Bran Oil*), senyawa *Benzyl Benzoate*, serta pengaruh waktu penuaan termal.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

pada bab ini berisi tentang bahan, alat dan pembuatan dari sampel, lama perlakuan pada sampel, serta Teknik pengujian yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

pada bab ini berisikan hasil perhitungan dan pembahasan dari hasil pengujian tegangan tembus dan viskositas pada campuran *Rice Bran Oil* dan senyawa *Benzyl Benzoate*.

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] E. M. R. C. and P. Picher, "Pre - breakdown Phenomena and Influence of Aging Byproducts in Thermally Aged Low Pour Point Ester Fluids Under AC Stress," vol. 28, no. 5, p. 10, 2021.
- [2] B. S. H. M. S. Y. Matharage, M. A. R. M. Fernando, M. A. A. P. Bandara, G. A. Jayantha, and C. S. Kalpage, "Performance of coconut oil as an alternative transformer liquid insulation," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 20, no. 3, pp. 887–898, 2013, doi: 10.1109/TDEI.2013.6518958.
- [3] A. Rajab, "Perbandingan Konstanta Dielektrik dan Permittifitas Relatif minyak sawit dengan minyak isolasi mineral pasca penuaan termal," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 41–46, 2013.
- [4] R. Asano and S. A. Page, "Reducing environmental impact and improving safety and performance of power transformers with natural ester dielectric insulating fluids," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 50, no. 1, pp. 134–141, 2014, doi: 10.1109/TIA.2013.2269532.
- [5] M. M. Ariffin, M. T. Ishak, M. H. A. Hamid, F. R. Hashim, F. R. Hashim, and R. A. Rahman, "Influence of Kraft Paper on the Ageing of Palm Oil , Corn Oil and Rice Bran Oil," *J. Kejuruter. SI 4(2)*, vol. 4, no. 2, pp. 1–8, 2021.
- [6] R. Indiarito and M. A. H. Qonit, "A Review of Soybean Oil Lipid Oxidation and Its Prevention Techniques," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 06, pp. 5030–5037, 2020, [Online]. Available: <http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/19543>
- [7] R. Liu *et al.*, "Antioxidant interaction of α -tocopherol, γ -oryzanol and phytosterol in rice bran oil," *Food Chem.*, vol. 343, no. April

- 2020, p. 128431, 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128431.
- [8] B. Moosasait, W. I. Maria Siluvairaj, and R. Eswaran, “Experimental studies on the influence of benzyl benzoate on viscosity of vegetable oil based insulating liquids for power transformer,” *IET Sci. Meas. Technol.*, vol. 15, no. 6, pp. 527–534, 2021, doi: 10.1049/smt2.12053.
- [9] R. Arora and W. Mosch, *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*. A John Wiley & Sons, INC, 2011.
- [10] A. Maruf and Y. Primadiyono, “Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 Mva Unit 1 Dan 2 Di Gi 150 Kv Kalisari,” *Edu Elektr. J.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [11] S. Tenbohlen and M. Koch, “Aging performance and moisture solubility of vegetable oils for power transformers,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 25, no. 2, pp. 825–830, 2010, doi: 10.1109/TPWRD.2009.2034747.
- [12] R. Seemamahannop, K. Bilyeu, Y. He, S. Kapila, V. Tumiatti, and M. Pompili, “Assessment of oxidative stability and physical properties of high oleic natural esters,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Dielectr. Liq.*, vol. 2019-June, no. Icdl, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICDL.2019.8796627.
- [13] T. V. Oommen, “Vegetable oils for liquid-filled transformers,” *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2002, doi: 10.1109/57.981322.
- [14] S. Moore, K. Rapp, and R. Baldyga, “Transformer insulation dry out as a result of retrofilling with natural ester fluid,” *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Transm. Distrib. Conf.*, pp. 1–6, 2012, doi: 10.1109/TDC.2012.6281441.

- [15] P. Trnka, M. Svoboda, and M. Sirucek, "Determination of criteria values for insulation systems based on natural esters," *ICHVE 2014 - 2014 Int. Conf. High Volt. Eng. Appl.*, vol. 7, pp. 1–4, 2014, doi: 10.1109/ICHVE.2014.7035478.
- [16] 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.
- [17] S. S. Kumar, M. W. Iruthayarajan, and M. Bakruthen, "Investigations on the suitability of rice bran oil and corn oil as alternative insulating liquids for transformers," *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 10–14, 2016, doi: 10.1002/tee.22182.
- [18] 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.
- [19] G. Ahmad Nayik, I. Majid, A. Gull, and K. Muzaffar, "Rice bran oil, the Future Edible Oil of India: A mini Review," *Rice Res. Open Access*, vol. 03, no. 04, pp. 4–6, 2015, doi: 10.4172/2375-4338.1000151.
- [20] Suparyanto dan Rosad (2015, "Anatomi pada berbagai sumber Karbohidrat," *Suparyanto dan Rosad (2015*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [21] M. H. A. Hamid *et al.*, "Electrical properties of palm oil and rice bran oil under AC stress for transformer application," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 11, pp. 9095–9105, 2022, doi:

10.1016/j.aej.2022.02.049.

- [22] W. Johnson *et al.*, “Safety Assessment of Benzyl Alcohol, Benzoic Acid and its Salts, and Benzyl Benzoate,” *Int. J. Toxicol.*, vol. 36, no. 3_suppl, pp. 5S-30S, 2017, doi: 10.1177/1091581817728996.
- [23] N. Rosyidi and D. P., “Penguajian tegangan tembus pada minyak trafo,” *Sinusoida*, vol. XXIII, no. 2, pp. 20–32, 2021.
- [24] M. S. N. Peek, F. W., *High-voltage engineering*, Mc Graw Hi., vol. 176, no. 6. New Delhi: Shalini Jha, 1913. doi: 10.1016/s0016-0032(13)90044-2.
- [25] C. M. Gutierrez, A. O. Fernandez, C. J. Renedo Estebanez, C. O. Salas, and R. Maina, “Understanding the Ageing Performance of Alternative Dielectric Fluids,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 9656–9671, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3239895.
- [26] Y. Xu, S. Qian, Q. Liu, and Z. Wang, “Oxidation stability assessment of a vegetable transformer oil under thermal aging,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 21, no. 2, pp. 683–692, 2014, doi: 10.1109/TDEI.2013.004073.