

**UJI TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS MINYAK SAWIT
DENGAN PENAMBAHAN *BUTYLATED HYDROXYTOLUENE* (BHT)
SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI MINYAK TRANSFORMATOR**

(Skripsi)

Oleh

Ronald Agustinus Sitorus

NPM 1915031041



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

UJI TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS MINYAK SAWIT DENGAN PENAMBAHAN *BUTYLATED HYDROXYTOLUENE* (BHT) SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI MINYAK TRANSFORMATOR

Oleh

Ronald Agustinus Sitorus

Minyak isolasi merupakan salah satu jenis isolator yang banyak digunakan sebagai isolasi pada peralatan listrik seperti transformator. Pada umumnya minyak isolasi yang digunakan saat ini berbahan dasar dari minyak mineral dimana tidak dapat diperbaharui sehingga ketersediaannya menjadi terbatas dan dapat habis dimasa depan. Dalam upaya mengurangi penggunaan minyak mineral sebagai bahan dasar minyak isolator diperlukan pengembangan terhadap bahan dasar pembuatan minyak isolasi dimana dapat menggunakan minyak nabati *seperti crude palm oil* yang ditambahkan zat aditif *butylated hydroxytoluene*. Dalam menguji kelayakan *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai minyak isolasi maka dilakukan pengujian tegangan tembus dengan menggunakan Megger OTS80Af dan viskositas. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai tegangan tembus tertinggi pada minyak *crude palm oil* dengan penambahan *butylated hydroxytoluene* sebesar 10,285 kV dan viskositas sebesar 25,29 cSt. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa efek penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* terhadap nilai viskositas *crude palm oil* adalah memberikan efek perbaikan. Hal ini dapat dibuktikan dari semakin besar konsentrasi zat aditif *butylated hydroxytoluene* maka nilai viskositas *crude palm oil* semakin kecil.

Kata kunci : Minyak Sawit Mentah, Butylated Hydroxytoluene, Tegangan Tembus, Viskositas

ABSTRACT

DIELECTRIC STRENGTH AND VISCOSITY TESTING OF PALM OIL WITH THE ADDITION OF BUTYLATED HYDROXYTOLUENE (BHT) AS AN ALTERNATIVE TRANSFORMER OIL INSULATION.

By

Ronald Agustinus Sitorus

The insulation oil is one of the types of insulators widely used in electrical equipment such as transformers. Generally, the insulation oil used today is based on mineral oil, which cannot be renewed, leading to limited availability and potential depletion in the future. In an effort to reduce the use of mineral oil as the base for insulation oil, development is needed for the base material of insulation oil that can utilize vegetable oil, such as crude palm oil, with the addition of the additive butylated hydroxytoluene. To assess the feasibility of crude palm oil with the addition of butylated hydroxytoluene as insulation oil, breakdown voltage tests were conducted using the Megger OTS80Af, and viscosity tests were performed using an Ostwald viscometer. Based on the test results, the highest breakdown voltage value was obtained in crude palm oil with the addition of 10.285 kV butylated hydroxytoluene, and the viscosity was measured at 25.29 cSt. The test results indicated that the addition of the additive butylated hydroxytoluene had a positive impact on the viscosity of crude palm oil. This is evidenced by the fact that as the concentration of the additive butylated hydroxytoluene increased, the viscosity of crude palm oil decreased.

Keyword : Crude Palm Oil, Butylated Hydroxytoluene, Breakdown Voltage, Viscosity.

**UJI TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS MINYAK SAWIT
DENGAN PENAMBAHAN *BUTYLATED HYDROXYTOLUENE* (BHT)
SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI MINYAK TRANSFORMATOR**

Oleh

Ronald Agustinus Sitorus

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

Judul Skripsi : **UJI TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS
MINYAK SAWIT DENGAN PENAMBAHAN
BUTYLATED HYDROXYTOLUENE (BHT)
SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI MINYAK
TRANSFORMATOR**

Nama Mahasiswa : **Ronald Agustinus Sitorus**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1915031041**

Program Studi : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

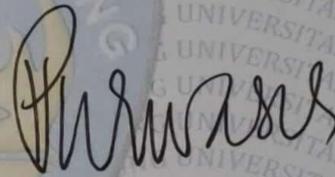
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T.

NIP 197111301999031003

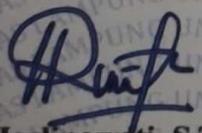


Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

NIP 197404222000122001

2. Mengetahui

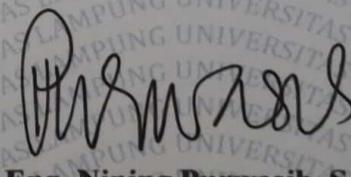
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro



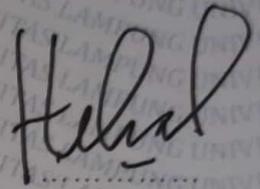
Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

NIP 197404222000122001

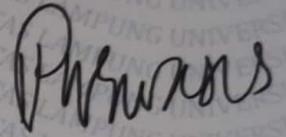
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

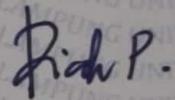
Ketua : **Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**



Penguji : **Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.**



Bukan Pembimbing

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. D. Henry Fitriawan, S.T., M. Sc. ✓

NIP 197509382001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ronald Agustinus Sitorus

Npm : 1915031041

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Uji Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Sawit dengan Penambahan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Minyak Transformator” merupakan asli penelitian saya. Pada skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak terdapat atau ditebitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Februari 2024



Ronald Agustinus Sitorus

NPM. 1915031041

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Karawang, pada tanggal 6 Agustus 2000. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Hotbin Sitorus dan Ibu Rospida Sinurat. Penulis memulai pendidikan di SD Kristen Pusaka Bangsa Karawang pada tahun 2006 hingga 2012, SMP Kristen Pusaka Bangsa Karawang pada tahun 2012 hingga 2015, dan SMA Negeri 3 Karawang pada tahun 2015 hingga 2018. Penulis kemudian menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan untuk mengikuti program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) pada bidang Teknologi Multimedia pada tahun 2021. Kemudian penulis berkesempatan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2022 dan dipercayakan menjadi asisten mata kuliah Praktikum Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2022 hingga 2023. Selain itu, penulis juga mengikuti kegiatan magang sekaligus kerja praktik di PT Syntek Otomasi Indonesia dan mengangkat judul Analisis Kondisi PLTS On Grid Site GOP 9 Tangerang Menggunakan Monitoring Sistem FUSIONSOLAR. Setelah menyelesaikan kegiatan magang di PT Syntek Otomasi Indonesia kemudian penulis melanjutkan kegiatan magang di PT Haleyora Power Sub Region 7 Lampung Area Metro.

PERSEMBAHAN

Damai sejahtera Allah yang melampaui segala akal, itulah yang memelihara hati dan pikiranmu, dalam Kristus Yesus Tuhan kita

Ku persembahkan karya ini kepada

Ayah dan Ibu Tercinta

Hotbin Sitorus dan Rospida Sinurat

Adik - adikku Tercinta

Dean Shara Zefanya Sitorus

Yosi Elisabeth Sitorus

Yola Imanuella Sitorus

Seluruh Keluarga Besar

Seluruh dosen dan teman - teman Jurusan Teknik Elektro
serta Almamater Universitas Lampung

MOTTO

“Give your best and let God do the rest”

“Sai dipasupasu jala diramoti Jahowa ma ho,
Dipasondangkon Jahowa ma bohiNa tu ho, jala asi rohaNa mida ho,
Didompakkon Jahowa ma bohiNa tu ho, jala dipasaorhon ma dame tu
tondim.”

(4 Musa 6:24-26)

“Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang.”

(Amsal 28:18)

“Janganlah kita jemu-jemu berbuat baik, karena apabila sudah datang waktunya, kita akan menuai, jika kita tidak menjadi lemah.

(Galatia 6:9)

“Banyak hal tak kupahami dalam masa menjelang.
Tapi t’rang bagiku ini tangan Tuhan yang pegang”

(PKJ No. 241)

SANWACANA

Puji syukur penulis sampaikan kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Sawit dengan Penambahan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Minyak Transformator”. Selama menjalani pengerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung dan pembimbing pendamping yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku penguji utama dalam proses penyusunan skripsi ini. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini dan selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.

7. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku pembimbing akademi penulis yang telah memberikan bimbingan bagi penulis selama menjalani studi di Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan di Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Seluruh staff Jurusan Teknik Elektro serta Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam segala urusan administrasi.
10. Orang tua yang penulis kasihi, papa dan mama atas segala dukungan, nasehat, serta doa demi kelancaran studi penulis. Serta Dean Shara Zefanya Sitorus, Yosi Elisabeth Sitorus, dan Yola Imanuella Sitorus selaku saudara kandung penulis yang selalu memberikan semangat dan doa bagi penulis.
11. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Pak Sugiarto, rekan rekan asisten lab TTT Angkatan 2019, kakak - kakak asisten lab TTT 2018, dan adik-adik asisten lab TTT Angkatan 2020 yang saling membantu dan bekerja sama dalam mengerjakan setiap tanggung jawab sebagai asisten lab TTT serta memberikan semangat kepada penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini.
12. Teman-teman KKN Jabar 14 (Erlita, Dewi, Axcellia, Bayu, Ekki, dan Acep) yang menambahkan cerita serta pengalaman selama 40 hari kegiatan KKN hingga saat ini, serta menjadi teman berbagi keluh kesah yang selalu ada.
13. Teman - teman magang selama penulis menjalani kegiatan magang di Jakarta, Metro, dan Bandar Lampung yang menambah cerita dan pengalaman dalam perjalanan perkuliahan penulis.
14. Teman - teman mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung Angkatan 2019 sebagai rekan seperjuangan selama menjalani perkuliahan.
15. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan pengerjaan skripsi namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 26 Februari 2024

Penulis,

Ronald Agustinus Sitorus

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Isolasi Minyak	5
2.2 Minyak Nabati Sebagai Isolasi Cair	7
2.3 Zat Aditif	11
2.4 Viskositas	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Diagram Alir Penelitian	18
3.5 Diagram Alir Pengujian	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Penambahan <i>Butylated Hydroxytoluene</i> pada <i>Crude Palm Oil</i>	20

4.2	Pengujian Viskositas dan Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> setelah Penambahan dengan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	21
4.2.1	Hasil Pengujian Rata - Rata Viskositas <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	21
4.2.2	Hasil Pengujian Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	23
4.2.3	Nilai Rata - Rata Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	26
4.3	Regresi Linear Nilai Viskositas <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	27
4.4	Regresi Linear Nilai Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	28
4.5	Hubungan Viskositas dan Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> setelah Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		31
5.1	KESIMPULAN.....	31
5.2	SARAN.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....		33
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Formula <i>Fenol</i> [2]	11
Gambar 2.2 Struktur Formula <i>Butylated Hydroxyanisole</i> [2]	12
Gambar 2.3 Struktur Formula <i>Butylated Hydroxytoluene</i> [2]	13
Gambar 3.1 Skema Pengujian Tegangan Tembus Minyak [11]	16
Gambar 3.2 Viskometer Ostwald	17
Gambar 4.1 Pengujian Viskositas pada <i>Crude Palm Oil</i> setelah Dilakukan Proses Pencampuran dengan <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	22
Gambar 4.2 Pengujian Tegangan Tembus pada <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	24
Gambar 4.3 Nilai Rata – Rata Tegangan Tembus pada <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	26
Gambar 4.4 Regresi Linear Nilai Viskositas <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	27
Gambar 4.5 Regresi Linear Nilai Rata – Rata Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	28
Gambar 4.6 Perbandingan antara Viskositas dengan Tegangan Tembus pada <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Minyak Isolasi dalam Kondisi Baru [1].	6
Tabel 4.1 Variasi Konsentrasi <i>Butylated Hydroxytoluene</i> yang Dicampurkan dengan <i>Crude Palm Oil</i>	20
Tabel 4.2 Pengujian Viskositas <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	21
Tabel 4.3 Pengujian Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	23
Tabel 4. 4 Nilai Rata - Rata Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> dengan Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	26
Tabel 4.5 Perbandingan Viskositas dan Tegangan Tembus <i>Crude Palm Oil</i> setelah Penambahan Zat Aditif <i>Butylated Hydroxytoluene</i>	29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak isolasi merupakan salah satu jenis isolator yang banyak digunakan sebagai isolasi pada peralatan listrik seperti transformator. Minyak isolator pada transformator digunakan sebagai isolasi pada bagian belitan di transformator sehingga tidak terjadi *flashover* dan menyebabkan kebocoran tegangan ke bagian luar transformator kemudian minyak isolasi juga berguna sebagai pendingin transformator pada saat bekerja. Saat ini minyak isolasi berbahan dasar minyak mineral yang diperoleh dari bahan – bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui. Minyak mineral memiliki kelebihan diantara lain memiliki nilai tegangan tembus yang tinggi, nilai kerugian dielektrik yang rendah, serta jangka waktu penggunaan yang lama. Selain memiliki kelebihan, minyak mineral juga memiliki kelemahan yaitu bahan dasar yang tidak dapat diperbaharui dan minyak mineral merupakan bahan tidak dapat terdegradasi sehingga dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Upaya yang dapat dilakukan dalam mengatasi kelemahan dari minyak mineral adalah dengan cara mengembangkan minyak isolasi bagi transformator yang berbahan dasar dari minyak nabati sebagai alternatif.

Penggunaan minyak nabati sebagai alternatif untuk minyak isolasi transformator sangat berguna untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak mineral. Sudah terdapat beberapa penelitian terhadap bahan minyak nabati untuk dijadikan sebagai bahan dasar minyak isolasi transformator antara lain minyak jarak, minyak jagung, minyak sawit, minyak kemiri, dan sebagainya. Kelebihan dari minyak nabati sebagai bahan dasar minyak isolasi yaitu dapat mengurangi ketergantungan terhadap minyak mineral yang secara jumlah akan menjadi terbatas dan mengurangi pencemaran lingkungan dikarena bahan minyak nabati yang dapat terdegradasi oleh alam. Penelitian dilakukan terhadap minyak nabati dalam upaya untuk menjadikan minyak nabati sebagai bahan dasar minyak isolasi.

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah dengan penambahan zat aditif. Pada penelitian ini parameter yang akan dianalisis dari pengujian minyak nabati berbahan minyak sawit adalah nilai tegangan tembus dan viskositas.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kelayakan minyak sawit mentah diaplikasikan sebagai isolasi minyak.
2. Menganalisis nilai tegangan tembus dari minyak sawit mentah dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai bahan dasar isolasi minyak.
3. Menganalisis nilai viskositas dari minyak sawit mentah dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai bahan dasar isolasi minyak.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan informasi mengenai kelayakan minyak sawit dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai bahan dasar alternatif minyak isolasi dengan menggunakan parameter tegangan tembus dan viskositas.
2. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif sebagai antioksidan pada minyak sawit terhadap nilai viskositas dan tegangan tembus minyak sawit.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak melakukan analisa reaksi kimia yang terjadi pada minyak sawit setelah ditambahkan zat aditif.
2. Tidak melakukan pembahasan mengenai masa pakai dari minyak sawit sebagai bahan minyak nabati dalam penelitian ini.
3. Tidak mengukur perubahan suhu dari percobaan pengukuran tegangan tembus.
4. Tidak mempertimbangkan adanya zat pengotor yang tidak dapat terlihat pada media penyimpanan maupun pada sampel minyak sawit.

5. Tidak mengukur kadar air pada minyak sawit dengan tambahan *butylated hydroxytoluene* yang akan diuji.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan bahwa minyak sawit dengan tambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai antioksidan dapat dipertimbangkan sebagai bahan alternatif isolasi minyak untuk transformator menggantikan minyak mineral yang saat ini menjadi bahan dasar minyak transformator yang banyak digunakan.

1.6 Hipotesis

Penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* sebagai antioksidan pada minyak sawit diharapkan dapat meningkatkan nilai tegangan tembus dan nilai viskositas kinematik dari minyak sawit sehingga dengan adanya peningkatan nilai tegangan tembus dan nilai viskositas kinematik tersebut menjadikan minyak sawit lebih layak digunakan sebagai minyak isolator menggantikan minyak mineral.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab berikut berisikan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab berikut berisikan mengenai tinjauan pustaka berisikan teori – teori yang dijadikan landasar dasar dalam pengerjaan skripsi ini.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab berikut berisikan mengenai informasi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta langkah – langkah pelaksanaan penelitian ini.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab berikut berisikan hasil penelitian serta analisis terhadap hasil yang diperoleh pada saat pengujian sampel minyak sawit dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene*. Analisis dilakukan pada hasil pengujian tegangan tembus serta viskositas dari minyak sawit dengan tambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene*.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab berikut berisikan kesimpulan yang didapatkan dari penelitian serta saran – saran mengenai pengembangan serta perbaikan penelitian yang lebih lanjut sehingga dapat dihasilkan hasil pengujian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

Minyak isolasi memiliki peranan penting dalam pengisolasian pada peralatan listrik. Namun banyaknya penggunaan minyak isolasi dapat berdampak negatif pada lingkungan dikarenakan berbahan dasar minyak mineral menyebabkan minyak isolasi menjadi sulit untuk diurai secara alami oleh alam. Penggunaan yang terus menerus juga dapat berdampak pada menipisnya ketersediaan minyak mineral dikarenakan tidak dapat diperbaharui. Penelitian ini membahas mengenai pengujian minyak nabati dengan penambahan zat aditif untuk mengetahui kemungkinan pengembangan minyak sawit sebagai bahan dasar isolasi minyak.

2.1 Isolasi Minyak

Minyak isolasi merupakan salah satu jenis bahan isolator cair yang banyak digunakan pada peralatan listrik. Minyak isolasi digunakan sebagai bahan isolator cair yang bertujuan untuk mengisolasi peralatan listrik sehingga tidak terjadi *flashover* dan kebocoran tegangan sehingga tidak membahayakan. Minyak isolasi memiliki standar spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1, standarisasi spesifikasi pada minyak isolasi dibuat untuk menjaga keamanan penggunaan dari minyak isolasi tersebut. Umumnya minyak yang digunakan sebagai isolator cair berbahan dasar minyak mineral yang didapatkan dari pengolahan bahan – bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan minyak mineral sebagai bahan dasar minyak isolator memiliki kelebihan serta kekurangan. Kelebihan dari minyak mineral sebagai bahan dasar minyak isolasi antara lain nilai tegangan tembus yang tinggi, nilai kerugian dielektrik yang rendah, serta jangka waktu penggunaan yang lama. Namun dibalik kelebihan tersebut, minyak mineral juga memiliki kelemahan – kelemahan diantaranya minyak mineral merupakan jenis bahan yang tidak dapat diperbaharui. Kemudian minyak mineral dapat berdampak buruk pada lingkungan dikarenakan sifat dari minyak mineral yang sulit terdegradasi oleh alam. Minyak mineral banyak digunakan menjadi bahan isolator cair pada peralatan – peralatan kelistrikan bertegangan tinggi seperti transformator. Saat ini terdapat cukup banyak

merk minyak transformator yang berbahan dasar minyak mineral antara lain : Shell Diala-B, APAR, dan Nynas. Minyak isolasi yang akan digunakan sebagai isolator pada transformator harus memenuhi syarat, antara lain :

1. Kekuatan dielektrik yang tinggi
2. Memiliki kemampuan daya hantar panas yang baik
3. Memiliki berat jenis yang rendah
4. Memiliki nilai kekentalan yang rendah
5. Memiliki titik tuang yang rendah
6. Memiliki titik didih yang tinggi
7. Memiliki unsur kimia yang stabil sehingga usia pemakaiannya menjadi panjang

Tabel 2.1. Spesifikasi Minyak Isolasi dalam Kondisi Baru [1].

No	Sifat	Satuan	Kelas 1	Kelas 2	Metode Uji
1	Kejernihan	-	Jernih		IEC 296
2	Massa Jenis	g/cm ³	≤ 0,895		IEC 296
3	Viskositas	cSt	≤ 40	≤ 25	IEC 296
4	Kinematika -15°C	cSt	≤ 800	-	IEC 296
	-30°C	cSt	-	≤ 800	IEC 296
5	Titik Nyala	°C	≥ 140	≥ 130	IEC 296
6	Titik Tuang	°C	- 30	-40	IEC 296
7	Angka Kenetralan	mg KOH/s	≤ 0,03		IEC 296
8	Korosi Belerang	-	Tidak Korosif		IEC 296
9	Tegangan Tembus	kv/2,5 mm			IEC 296
	- Sebelum diolah	-	≥ 30		
	- Sesudah diolah	-	≥ 50		
10	Faktor kebocoran dielektrik	-	≤ 0,05		IEC 250
11	Ketahanan Oksidasi				IEC 474 & IEC 74
	-Angka Kenetralan	mg KOH/g	≤ 0,40		
	-Kotoran	%	≤ 0,10		

Kelemahan dari minyak mineral yang sulit terdegradasi oleh alam sehingga menjadi tidak ramah lingkungan dan jumlahnya yang terbatas dikarenakan tidak dapat diperbaharui membuat penggunaan minyak mineral sebagai minyak isolasi harus dikurangi. Dalam upaya mengurangi penggunaan minyak mineral maka harus dilakukan pengembangan terhadap bahan dasar minyak isolasi jenis lainnya dan minyak nabati dapat menjadi alternatif.

2.2 Minyak Nabati Sebagai Isolasi Cair

Minyak isolasi dipasaran saat ini umumnya berbahan dasar minyak mineral. Kelemahan yang dimiliki minyak mineral dimana tidak dapat diperbaharui dan sulit diurai oleh alam sehingga dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Kelemahan dari minyak mineral tersebut mengharuskan adanya pengembangan terhadap bahan dasar minyak isolasi yang lebih ramah lingkungan dan jumlah ketersediaannya yang dapat diperbaharui. Pengembangan terhadap minyak nabati sebagai bahan dasar dari pembuatan minyak transformator dapat berdampak positif pada berkurangnya ketergantungan terhadap penggunaan minyak mineral. Minyak nabati memiliki karakteristik lebih ramah terhadap lingkungan dikarenakan sifatnya yang *biodegradable* atau mudah untuk terurai oleh alam. Minyak nabati juga dapat diperbaharui sehingga jumlah ketersediaannya menjadi lebih terjamin. Jenis – jenis minyak nabati yang diteliti sebagai bahan dasar minyak transformator, antara lain :

Minyak jarak atau *castor oil* merupakan minyak jenis nabati yang berasal dari buah tanaman pohon jarak (*Ricinus communis*). Buah pohon jarak yang telah matang akan dijemur dan dikeringkan agar pengambilan daging buah jarak menjadi mudah. Untuk mendapatkan minyak dengan tingkat yang lebih tinggi maka minyak akan disaring dan diendapkan untuk memisahkan kotorannya. Biji jarak memiliki kandungan minyak sebesar 40 sampai dengan 50 %. Kandungan minyak jarak didominasi dengan kandungan asam risinoleat sebesar 87 %, asam oleat sebesar 7%, dan asam linoleat sebesar 3% [2]. Minyak jarak memiliki karakteristik dielektrik yang tinggi, tidak beracun, nilai titik nyala tinggi, titik lebur – 10 °C sampai dengan – 18 °C, dan minyak jarak tidak terlarut [3]. Penelitian yang dilakukan Elia Krismiandaru pada tahun 2011 didapatkan hasil pengujian terhadap minyak jarak dengan menggunakan standar IEC 156 yaitu besaran nilai tegangan tembus sebesar 33,76 kV/2,5 mm dimana nilai tersebut memenuhi SPLN 49-

91:1982 [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Alim, M. et.al, 2022 didapatkan hasil pengujian tegangan tembus menggunakan standar IEC 156 sebesar 34,47 kV/2,5 mm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [5].

Minyak jagung juga merupakan salah satu jenis minyak nabati yang berasal dari tanaman jagung (*Zea mays L*). Minyak jagung diperoleh dari proses ekstraksi bagian lembaga pada biji jagung. Minyak jagung memiliki nilai massa jenis sebesar 0,915 – 0,918 g/cm³, titik beku -18 sampai – 10 °C, dan kekentalan sebesar 37 – 39 cP [2]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Basuki,. et.al, pada tahun 2015. Pada penelitian didapatkan hasil pengujian tegangan tembus dengan diameter elektroda setengah bola yang sesuai dengan standar IEC 156 dan kombinasi jarak sela elektroda dengan nilai tegangan tembus sebesar 5,4 kV/0,1 cm, 8,1 kV/0,2 cm, dan 12,8 kV/0,3 cm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [6].

Jenis minyak nabati lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai minyak isolator adalah minyak kelapa yang diperoleh dari tanaman kelapa. Minyak kelapa mengandung 90 % asam lemak jenuh dan 10 % asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh pada minyak kelapa terdiri atas komponen asam laurat sebesar 42 –52 %, asam miristat sebesar 13–19 %, asam palmitat sebesar 7,5–10 %, asam kaprilat sebesar 5,5–9,5 %, dan asam stearate sebesar 1–3 %. Sedangkan asam lemak tak jenuh pada minyak kelapa terdiri atas komponen asam oleat sebesar 5-8 %, asam linoleate sebesar 1,5-2,5 %, dan asam palmitoleate sebesar 1,3 %. Minyak kelapa memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis minyak nabati lainnya. Keunggulan dari minyak kelapa yaitu kandungan asam lemak jenuh yang tinggi, medium dari komposisi lemak rantai yang tinggi, dan berat molekul yang rendah [7]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Budiyanoro, E., et.al, pada tahun 2010 didapatkan hasil pengujian tegangan tembus terhadap minyak kelapa dengan menggunakan standar IEC 156 didapatkan nilai sebesar 29,17 kV/2,5 mm [7]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Basuki,. et.al, pada tahun 2015 didapatkan hasil pengujian tegangan tembus dengan diameter elektroda setengah bola yang sesuai dengan standar IEC 156 dan kombinasi jarak sela elektroda dengan nilai tegangan tembus sebesar 4,9 kV/0,1 cm, 7,7 kV/0,2 cm, dan 13,1 kV/0,3 cm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [6]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Samsurizal, S., et.al, pada tahun 2022. Pada

penelitian didapatkan dengan pengujian minyak kelapa murni sebanyak 6 kali dan dengan menggunakan standar IEC 156 didapatkan nilai rata – rata tegangan tembus sebesar 12,9 kV/2,5 mm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [8].

Minyak kemiri dapat dimanfaatkan menjadi bahan dasar minyak isolator alternatif. Minyak kemiri merupakan minyak jenis nabati yang diperoleh dari tumbuhan kemiri (*Aleurites moluccana L.*). Minyak kemiri memiliki sifat kimia dan sifat fisis berdasarkan standar SNI 01-4462-1998 yaitu memiliki nilai massa jenis sebesar 0,9240 – 0,9290 g/cm³ [9]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Harief Taufik Kurrahman dan Syamsir Abduh pada tahun 2016 didapatkan nilai tegangan tembus pada minyak kemiri adalah sebesar 17,55 kV/2,5mm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [10]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Samsurizal, S., et.al, pada tahun 2022. Pada penelitian didapatkan dengan pengujian minyak kemiri dan dengan menggunakan standar IEC 156 didapatkan nilai rata – rata tegangan tembus sebesar 14 kV/2,5mm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [8].

Minyak zaitun menjadi salah satu jenis minyak nabati yang dapat dimanfaatkan sebagai minyak isolator dimana minyak zaitun dihasilkan dari pemrosesan buah zaitun. Minyak zaitun merupakan jenis minyak tidak berwarna atau bening. Pada minyak zaitu terkandung asam lemak tak jenuh yang berjumlah besar dimana paling dominan merupakan asam oleat sebesar 55 – 83 %. Kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi pada minyak zaitun menjadikan minyak zaitun rentan terhadap oksidasi [2]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gema Ramadhona dan T Haryono pada tahun 2013 didapatkan hasil pengujian terhadap tegangan tembus minyak zaitun menggunakan standar IEC 156 yaitu sebesar 43 kV/2,5mm [11]. Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Bagus Sujatmiko pada tahun 2016 didapatkan hasil pengujian terhadap tegangan tembus minyak zaitun menggunakan standar IEC 156 yaitu sebesar 49,82 kV/2,5mm [12].

Minyak nabati jenis lain yang dapat dimanfaatkan sebagai minyak isolator adalah minyak sawit. Minyak sawit merupakan salah satu jenis minyak jenis nabati yang dihasilkan dari pengolahan biji buah sawit. Minyak sawit memiliki kelebihan yaitu

merupakan bahan minyak yang ramah lingkungan dikarenakan dapat diurai oleh alam. Minyak sawit memiliki sifat tidak beracun, memiliki nilai titik bakar yang tinggi, dan tidak bersifat korosi. Minyak sawit mengandung asam lemak jenuh dengan persentase kandungan paling besar adalah 44% asam palminat dan 5% asam stearat. Sedangkan untuk kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak sawit paling besar yaitu 40% asam oleat dan 10% asam linoleat serta asam linolenat. Minyak sawit memiliki ketersediaan yang melimpah, dimana berdasarkan Badan Pusat Statistik (2021) luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14,8 juta dan nilai produksi kelapa sawit mencapai 46,22 juta ton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh A.A.Irwanto pada tahun 2012. Pada penelitian tersebut didapatkan dengan pengujian tegangan tembus terhadap minyak sawit menggunakan standar IEC 156 didapatkan nilai tegangan tembus sebesar 22,56 kV/2,5 mm dimana nilai tersebut belum memenuhi SPLN 49-91:1982 [13]. Besarnya nilai komoditas kelapa sawit di Indonesia dapat menjadi peluang dalam pengembangan produk berbahan dasar minyak kelapa sawit seperti menjadikan minyak kelapa sawit menjadi minyak isolasi. Pengembangan minyak kelapa sawit menjadi bahan dasar minyak isolasi diharapkan dapat memenuhi standar minyak isolasi transformator yang sesuai dengan standar SPLN 49-91 tahun 1982, sehingga ketergantungan terhadap minyak mineral sebagai bahan dasar minyak isolasi dapat berkurang.

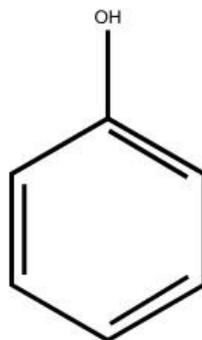
Minyak nabati dapat dimanfaatkan menjadi bahan dasar alternatif minyak isolator namun masih memiliki kelemahan – kelemahan. Nilai tegangan tembus yang belum memenuhi standar dan sifat minyak nabati yang lebih kental dibandingkan minyak mineral menjadi kelemahan dari minyak jenis ini. Standar nilai viskositas atau kekentalan pada minyak isolator diatur pada standar SPLN 49-91 tahun 1982 dimana nilai viskositas minyak isolator sebesar ≤ 40 cSt. Minyak nabati dari berbagai jenis tumbuhan umumnya memiliki nilai viskositas yang tinggi yaitu diatas 40 cSt sehingga nilai viskositas sebuah minyak isolator melebihi nilai standar SPLN 49-91 tahun 1982. Penambahan zat aditif pada minyak nabati dapat menjadi salah satu solusi untuk memperbaiki nilai tegangan tembus dan viskositas dari minyak nabati.

2.3 Zat Aditif

Zat aditif merupakan zat atau bahan yang dapat ditambahkan pada zat lainnya dengan tujuan untuk memberikan efek perbaikan pada zat. Pada makanan maupun minuman, zat aditif digunakan untuk memodifikasi warna, sifat, maupun rasa. Larutan minyak isolasi ditambahkan zat aditif bertujuan untuk memperbaiki sifat dari minyak tersebut. Pada minyak nabati memiliki sifat yang menjadi kelemahan yaitu nilai viskositas atau kekentalan yang sangat tinggi, sehingga penambahan zat aditif tersebut diharapkan dapat memperbaiki nilai viskositas pada minyak nabati. Zat aditif juga bertujuan untuk meningkatkan nilai tegangan tembus pada minyak nabati sehingga nilai tegangan tembus menjadi lebih tinggi. Jenis – jenis zat aditif yang ada dapat digunakan untuk memperbaiki isolator minyak, antara lain :

a. Fenol

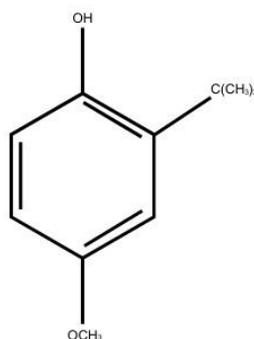
Fenol merupakan salah satu jenis zat aditif dengan rumus kimia C_6H_6O . *Fenol* memiliki sifat kimia diantaranya berat jenis sebesar 1.057 gr/ml, titik beku sebesar $42^\circ C$, titik didih sebesar $182^\circ C$, dan berat molekul sebesar 94, 11 gr/mol. *Fenol* memiliki kandung senyawa hidrokarbon yang berfungsi untuk menghambat oksidasi dan menjaga kestabilan namun apabila kandungannya terlalu banyak akan berefek merugikan dimana nilai kekuatan dielektriknya akan berkurang [14]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Aldianto Wahyu Ramadhan pada tahun 2019 didapatkan bahwa penggunaan aditif *fenol* pada minyak goreng kelapa sawit mampu meningkatkan besar tegangan tembus hingga mencapai 34,446 kV dengan penambahan 20% zat aditif *fenol* [15].



Gambar 2.1 Struktur Formula *Fenol* [2]

b. Butylated Hydroxyanisole

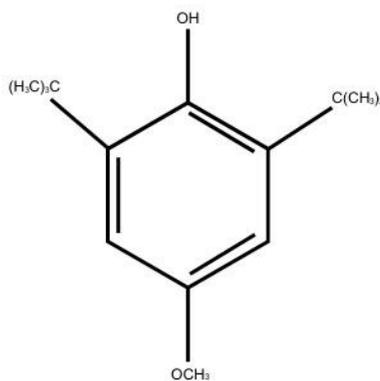
Butylated Hydroxyanisole salah satu jenis zat aditif dengan rumus kimia $C_{11}H_{16}O_2$. *Butylated Hydroxyanisole* memiliki sifat kimia diantaranya berat jenis sebesar 1.117 gr/ml, berat molekul sebesar 180,25 gr/mol, titik beku sebesar $48^{\circ}C$, dan titik didih sebesar $264^{\circ}C$. *Butylated Hydroxyanisole* memiliki sifat tidak dapat larut pada air namun dapat larut pada *methanol* dan *ethanol*. *Butylated Hydroxyanisole* bekerja sebagai antioksidan untuk menjaga stabilisator untuk radikal bebas [2]. *Butylated Hydroxyanisole* merupakan zat aditif yang banyak digunakan pada kosmetik, obat – obatan, dan makanan. *Butylated Hydroxyanisole* banyak dicampurkan dengan zat aditif lainnya seperti *butylated hydroxytoluene*, *alkil gallates*, dan asam sitrat [16].



Gambar 2.2 Struktur Formula *Butylated Hydroxyanisole* [2]

c. Butylated Hydroxytoluene

Butylated Hydroxytoluene merupakan salah satu jenis zat aditif dengan rumus kimia $C_{15}H_{24}O$. *Butylated Hydroxyanisole* memiliki sifat kimia diantaranya berat jenis sebesar 1.031 gr/ml, berat molekul sebesar 220,35 gr/mol, titik lebur sebesar $70^{\circ}C$, dan titik didih sebesar $265^{\circ}C$ [16]. *Butylated Hydroxytoluene* tidak mudah untuk latur dalam air namun dapat larut pada larutan etanol dengan kadar 95% dan mudah larut pada minyak. *Butylated Hydroxytoluene* juga mengandung senyawa hidrokarbon sehingga dapat menghambat oksidasi dan menjaga kestabilan sehingga dapat memperbaiki kualitas minyak [11]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ade Firmansyah pada tahun 2019 didapatkan bahwa penggunaan zat aditif pada minyak kemiri sunan mampu meningkatkan besar tegangan tembus hingga mencapai 34,97 kV dengan penambahan zat aditif *Butylated Hydroxytoluene* [17].



Gambar 2.3 Struktur Formula *Butylated Hydroxytoluene* [2]

2.4 Viskositas

Viskositas merupakan tahanan dari aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul – molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu cairan yang mudah untuk mengalir maka nilai viskositasnya rendah sedangkan apabila sulit untuk mengalir maka dapat dikatakan bahwa nilai viskositasnya tinggi. Nilai viskositas sebuah fluida bergantung pada besar temperaturnya dan adanya penuaan serta oksidasi yang diakibatkan oleh lamanya pemakaian fluida tersebut. Viskositas menjadi salah satu parameter penting yang digunakan dalam menilai kualitas sebuah minyak isolator baik dalam mencegah terjadinya *flashover* dan kebocoran tegangan. Pada peralatan listrik seperti transformator, minyak isolasi juga memiliki fungsi sebagai media pendingin dan pada fungsinya sebagai media pendingin nilai viskositas sebuah minyak isolasi sangat berpengaruh dimana semakin rendah nilai viskositas sebuah minyak isolasi akan semakin baik dalam menghantarkan panas. Standar nilai viskositas sebuah minyak isolasi diatur pada SPLN 49-91: 1982 dimana nilai viskositas dari sebuah minyak isolasi ≤ 40 cSt pada suhu 20°C . Sedangkan pada IEC 60296 nilai viskositas sebuah minyak isolasi ≤ 12 cSt pada suhu 40°C . Umumnya minyak nabati murni memiliki nilai viskositas yang tinggi diatas nilai standar yang ada. Sudah ada penelitian terdahulu mengenai nilai viskositas dari minyak nabati seperti penelitian yang dilakukan oleh Alim, M. et.al, 2022 didapatkan hasil pengujian viskositas pada minyak jarak sebesar 48,70 cSt [5]. Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Roslan, M. H. et.al, 2021 didapatkan bahwa nilai viskositas pada minyak sawit sebesar 54,44 cSt [18].

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan dan pengerjaan laporan penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Universitas Lampung, Laboratorium Analisa dan Instrumentasi Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung, PT. PLN (Persero) Gardu Induk Natar. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dari Maret 2023 – Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Megger OTS80Af Oil Tester
2. Corong Minyak
3. Botol
4. Jerigen
5. Minyak Sawit Mentah
6. *Butylated Hydroxytoluene*
7. Stopwatch
8. Viskometer Ostwald
9. Oven
10. Magnetic Stearer
11. Rice Cooker
12. Thermometer
13. Gelas Beaker

3.3 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan penulis agar dapat lebih mengerti mengenai pengujian tegangan tembus isolasi minyak serta pengujian viskositas dari minyak sawit sebagai alternatif minyak transformator dengan mempelajari dan mengumpulkan literatur berupa buku dan juga jurnal – jurnal penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

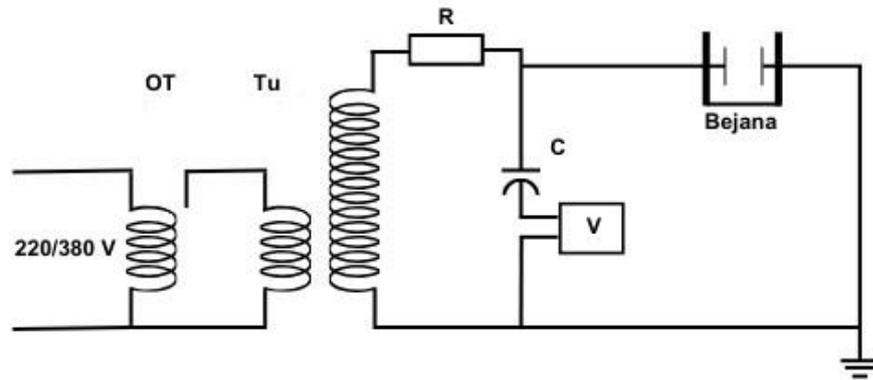
2. Pembuatan Sampel Minyak Isolasi Kelapa Sawit

Crude palm oil dicampurkan dengan zat aditif *butylated hydroxytoluene*. Sebelum mencampurkan minyak sawit dengan zat aditif *butylated hydroxytoluene* dilakukan penimbangan pada *butylated hydroxytoluene* sesuai dengan rasio yang ditentukan. *Butylated Hydroxytoluene* ditimbang dengan rasio 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, 5 gr, 6 gr, 7 gr, 8 gr, 9 gr, dan 10 gr. Setiap komposisi pencampuran dibuat 2 sampel sehingga total sampel yang akan diuji sebanyak 20 sampel. Sampel minyak sawit terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu 100 °C untuk menghilangkan kelembaban. Suhu sampel minyak sawit kemudian diturunkan hingga mencapai 70 °C. Selanjutnya *butylated hydroxytoluene* dicampurkan dengan sampel minyak sawit dan diaduk secara konsisten agar dapat tercampur menggunakan *magnetic stirred* dengan kecepatan 800 rpm selama 20 menit [19]. Sampel yang sudah dilakukan pencampuran kemudian disimpan didalam lemari pendingin.

3. Pengujian Tegangan Tembus

Pengujian tegangan tembus dilakukan pada minyak sawit untuk mendapatkan nilai tegangan tembus dari minyak sawit yang akan diuji. Pengujian tegangan tembus akan menggunakan alat yaitu Megger OTS80Af Oil Tester. Pengujian tegangan tembus akan menggunakan elektroda berbentuk setengah bola dengan diameter 12,5 mm dan jarak antara elektro setengah bola yaitu 2,5 mm. Standar nilai tegangan tembus dari isolasi minyak transformator diatur berdasarkan SPLN 49-91 : 1982 dimana nilai tegangan tembus bernilai $> 30 \text{ kV}/2,5\text{mm}$. Pengujian dilakukan dengan menempatkan minyak yang akan diuji pada wadah pengujian hingga seluruh elektroda terendam oleh minyak [20]. Alat uji akan

mendapatkan suplai tegangan 220 V yang kemudian akan naik secara bertahap hingga mencapai nilai tegangan kV. Pada saat minyak uji sudah tidak mampu menahan tegangan maka akan timbul loncatan api pada elektroda maka nilai tegangan tembus didapatkan.

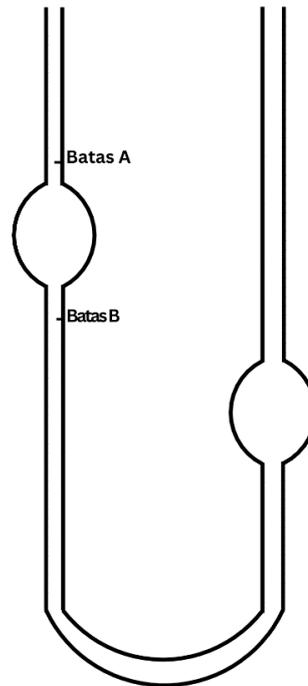


Gambar 3.1 Skema Pengujian Tegangan Tembus Minyak [21]

4. Pengujian Viskositas Kinematik

Pengujian viskositas kinematik dilakukan pada minyak sawit untuk mengetahui nilai tingkat kekentalan dari minyak sawit dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui efek dari penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* terhadap nilai kekentalan dari minyak sawit yang akan di uji. Nilai standar viskositas berdasarkan SPLN 49-91 : 1982 bernilai maksimal 40 cSt pada suhu 20° C dan ≤ 12 cSt pada suhu 40°C. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran viskositas menggunakan viskometer ostwald. Metode pengukuran menggunakan viskometer ostwald ini adalah dengan cara mengukur lama waktu yang dibutuhkan minyak dari batas a hingga mencapai batas b. Viskometer ostwald akan diisi dengan sampel minyak sawit yang sudah dipanaskan hingga mencapai suhu 40°C. Kemudian pasang *pushball* atau bola penghisap pada lubang viskometer ostwald dan hisap minyak sawit hingga mencapai batas a. Kemudian *pushball* atau bola penghisap dilepaskan sehingga minyak sawit akan mulai turun hingga mencapai batas b. Ukur waktu yang perlukan minyak sawit untuk turun dari batas a hingga mencapai batas b dengan menggunakan *stopwatch* dan catat waktunya. Proses ini akan dilakukan berulang selama 3 kali

dan kemudian dilakukan perhitungan rata – rata waktu dari 3 kali percobaan tersebut. Hasil perhitungan tersebut kemudian akan digunakan untuk menghitung nilai viskositas dari sampel minyak sawit.



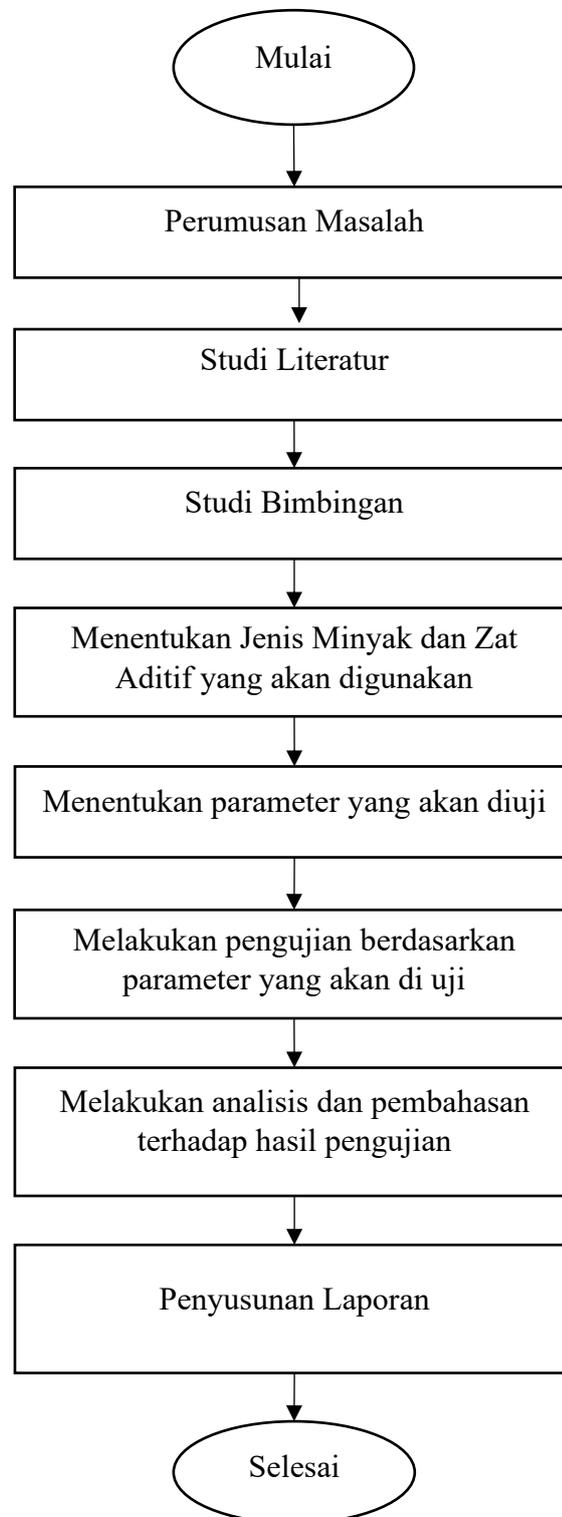
Gambar 3.2 Viskometer Ostwald

5. Analisis Data dan Penyusunan Laporan

Analisis data dilakukan terhadap data hasil pengujian kemudian data diolah untuk kemudian dilakukan pembahasan terhadap data hasil pengujian untuk mencapai tujuan dari penelitian. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk laporan akhir yang berisikan analisa data penelitian dan laporan akhir ini digunakan sebagai bentuk pertanggung jawaban penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan.

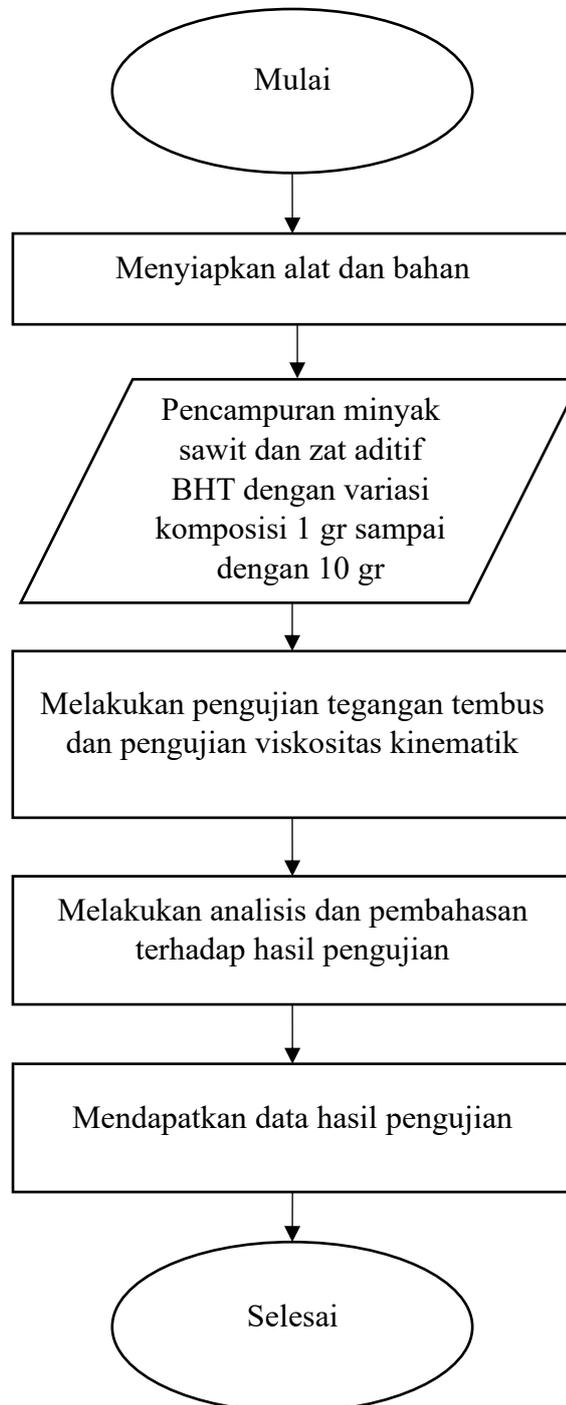
3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



3.5 Diagram Alir Pengujian

Adapun diagram alir pengujian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Nilai viskositas dari pengujian pada *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* dengan konsentrasi sebesar 1 gr sampai dengan 10 gr masih belum memenuhi standar SPLN 49-91 : 1982 dimana nilai viskositas pada minyak isolasi transformator yaitu sebesar <12 cSt pada suhu 40°C . Nilai viskositas paling baik didapatkan pada komposisi pencampuran *crude palm oil* dengan *butylated hydroxytoluene* sebesar 10 gr yaitu bernilai 25,29 cSt.
2. Nilai tegangan tembus dari *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* mengalami perubahan nilai seiring dengan penambahan konsentrasi zat aditif *butylated hydroxytoluene* yang digunakan. Nilai tegangan tembus dari *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* dengan konsentrasi zat sebesar 1 gr sampai dengan 10 gr belum memenuhi standar nilai tegangan tembus pada SPLN 49-91 : 1982 yaitu sebesar ≥ 30 kV.
3. Berdasarkan data hasil pengujian nilai viskositas dan tegangan tembus pada penelitian ini didapatkan bahwa sampel *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* memiliki hubungan dimana viskositas mempengaruhi perubahan nilai tegangan tembus pada *crude palm oil*. Namun pengaruh perubahan nilai viskositas terhadap tegangan tembus sampel *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene* fluktuatif dimana mengalami kenaikan maupun penurunan.

5.2 SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan melakukan proses esterifikasi terlebih dahulu pada *crude palm oil* dengan tujuan untuk menurunkan nilai asam lemak kemudian diberikan penambahan konsentrasi zat aditif *butylated hydroxytoluene* dan dapat dikombinasikan dengan jenis zat aditif lainnya sehingga efek perbaikan pada nilai tegangan tembus dan viskositas menjadi lebih besar.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat memperhatikan metode penyimpanan sampel minyak dengan tidak menyimpan sampel didalam lemari pendingin untuk menghindari terjadinya pengembunan yang dapat berefek pada kenaikan nilai kadar air, sebagai penggantinya dapat dilakukan metode penyimpanan sampel di tempat bersuhu ruang dan tidak terpapar sinar matahari.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian terhadap parameter – parameter lainnya yang tidak dilakukan pada penelitian ini, antara lain seperti pengujian kadar asam, kadar air, titik didih, dan titik beku pada *crude palm oil* dengan penambahan zat aditif *butylated hydroxytoluene*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tobing, B. L. (2003). *Peralatan Tegangan Tinggi*. Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Rowe, R. C., Sheskey, P., & Quinn, M. (2009). *Handbook of pharmaceutical excipients*. Libros Digitales-Pharmaceutical Press.
- [3] Ansori, A., Purwasih, N., Sinaga, H. H., & Permata, D. (2022). Analisis Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak (Castor Oil) Sebagai Alternatif Isolator Minyak Transformator. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 10(2).
- [4] Krismiandaru, E., Syakur, A., & Facta, M. (2011). *Uji Tegangan Tembus Arus Bolak-Balik Pada Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- [5] Alim, M., Gunawan, A., Amali, L. M. K., & Tolago, A. I. (2022). Uji Kelayakan Minyak Jarak Sebagai Bahan Isolasi Cair Pada Transformator. *Jurnal Electrighsan*, 11(2), 41-45.
- [6] Basuki, B., Suyanto, M., & Hani, S. (2015). Pengujian Minyak Nabati Sebagai Bahan Untuk Isolasi Trafo 20 KV. *Jurnal Elektrikal*, 2(2), 36-42.
- [7] Budiyanoro, E., Syakur, A., & Facta, M. (2010). Analisis tegangan tembus minyak kelapa murni (virgin coconut oil) sebagai isolasi cair dengan variasi elektroda uji. *Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro*. Semarang.
- [8] Samsurizal, S., Makkulau, A., & Zahra, S. A. (2022). Studi Pengujian Karakteristik Minyak Nabati Terhadap Tegangan Tembus Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Trafo. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 11(1).
- [9] Standar Nasional Indonesia, *Minyak Kemiri*, SNI 01-4462-1998., 2006

- [10] Kurrahman, H. T., & Abduh, S. (2016). Studi tegangan tembus minyak kemiri sunan sebagai alternatif pengganti minyak transformator daya. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 13(2).
- [11] Ramadhona, G., & Haryono, T. (2013). Karakteristik Minyak Zaitun dan Minyak Goreng Kelapa Sawit Sebagai Minyak Untuk Transformator. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 2(4), 287-291.
- [12] Sujatmiko, B. (2016). Karakteristik Fisik dan Elektris Minyak Zaitun sebagai Alternatif Minyak Isolasi pada Transformator (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [13] Irwanto, A. A. R. (2012). Analisis Tegangan Tembus Minyak Sawit (Palm Oil) Pada Tegangan Tinggi Bolak-Balik Frekuensi Tenaga 50 Hz (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- [14] Rafiq, M., Lv, Y. Z., Zhou, Y., Ma, K. B., Wang, W., Li, C. R., & Wang, Q. (2015). Use of vegetable oils as transformer oils—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 308-324.
- [15] Ramadhan, A. W. (2019). Kinerja Dielektrik Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Aditif Fenol Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya.
- [16] Fitri, N. (2014). Butylated hydroxyanisole sebagai bahan aditif antioksidan pada makanan dilihat dari perspektif kesehatan. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 41-50.
- [17] Firmansyah, A. D. E. (2019) Analisis Pengaruh Aditif BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya.
- [18] Roslan, M. H., Mohamad, N. A., Von, T. Y., Zadeh, H. M., & Gomes, C. (2021). Latest developments of palm oil as a sustainable transformer fluid: A green alternative to mineral oils. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 11(5), 13715-13728.
- [19] Raymon, A., Pakianathan, P. S., Rajamani, M. P. E., & Karthik, R. (2013). Enhancing the critical characteristics of natural esters with antioxidants for power transformer applications. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 20(3), 899-912.

- [20] Karthik, M., Iruthayarajan, M. W., & Bakrutheen, M. (2015, March). Investigation of vegetable oil blended with antioxidant. In 2015 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT) (pp. 1-7). IEEE.
- [21] Bonggas, L. T. (2003). Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.