

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN MINYAK METIL ESTER BIJI KARET  
SEBAGAI ISOLASI TRANSFORMATOR TEGANGAN TINGGI**

**(SKRIPSI)**

Oleh

**MUHAMMAD ALIFIAH**



**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRAK**

### **PEMBUATAN DAN PENGUJIAN MINYAK METIL ESTER BIJI KARET SEBAGAI ISOLASI TRANSFORMATOR TEGANGAN TINGGI**

Oleh

**MUHAMMAD ALIFIAH**

Minyak mineral digunakan secara umum sebagai minyak isolasi dalam transformator daya. Namun, minyak mineral bersifat sulit terurai sehingga dibutuhkan alternatif lain untuk penggunaan minyak transformator. Penelitian ini bertujuan untuk mengubah minyak biji karet (*Hevea Braziliensis*) menjadi minyak metil ester, mempelajari nilai sifat kimia-fisik dan tegangan tembus minyak metil ester berbasis minyak biji karet sebagai bahan isolasi transformator tegangan tinggi. Minyak biji karet diekstraksi dengan metode *press* mekanik. Konversi minyak biji karet menjadi metil ester dilakukan dengan proses netralisasi dan esterifikasi. Proses netralisasi menggunakan katalis NaOH 0,2 N pada rentang suhu 60°C -70°C, diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Proses esterifikasi menggunakan perbandingan mol minyak dan metanol sebesar 1:8 dan katalis NaOH 0,8%. Pengadukan dilakukan pada suhu 60°C dengan putaran 200 rpm sampai 400 rpm selama 4 jam. Hasil pengujian menunjukkan nilai sifat kimia-fisik yaitu viskositas sebesar 32,533 cSt yang memenuhi standar IEEE C57.147, sedangkan bilangan asam sebesar 12,46 mg-KOH/g dan kadar air sebesar 953,38 ppm tidak memenuhi standar IEEE C57.147 (maksimal 0,06 mg-KOH/g dan 150 ppm), dan nilai tegangan tembus sebesar 48,01 kV/2,5 mm memenuhi standar SPLN 49-1. Hal ini menunjukkan minyak metil ester biji karet berpotensi untuk diolah sebagai minyak isolasi transformator tegangan tinggi, namun perlu penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan karakteristik sesuai standar isolasi transformator.

Kata kunci : minyak biji karet, minyak metil ester, netralisasi, esterifikasi

## **ABSTRACT**

### **PRODUCTION AND TESTING OF METHYL ESTER RUBBER SEEDS OIL AS ISOLATION OF HIGH VOLTAGE TRANSFORMERS**

**By**

**MUHAMMAD ALIFIAH**

Mineral oil is commonly used as insulating liquid in power transformer. However, mineral oil is poor biodegradable so other alternatives are needed for the use of transformer oil. This research aims to process rubber seed oil (*Hevea Braziliensis*) become methyl ester oil, study the physicochemical properties and the breakdown voltage of methyl ester oil based on rubber seed oil as a high voltage transformer insulation material. Rubber seed oil is extracted by a mechanical press method. The conversion of rubber seed oil to methyl ester is carried out by the process of neutralization and esterification. The neutralization process uses 0.2 N NaOH catalyst over a temperature range of 60°C -70°C, stirring at 200 rpm. The esterification process uses a mole of oil and methanol ratio 1:8 and catalyst (NaOH) of 0.8%. Stirring is done at a temperature of 60°C with rotation speed of 200 rpm to 400 rpm for 4 hours. The test results show the value of physicochemical properties, those are viscosity of 32.533 cSt which complied to IEEE C57.147 standard, while the acid number of 12.46 mg-KOH/g and water content of 953.38 ppm did not comply to IEEE C57.147 standard (maximum 0.06 mg-KOH/g and 150 ppm), and breakdown voltage value of 48.01 kV / 2.5 mm complied with SPLN 49-1 standard. These results show that methyl ester rubber seed oil has the potential to be processed as high voltage transformer insulation oil, but further research is needed to obtain characteristics according to the transformer insulation standards.

**Keywords:** rubber seed oil, methyl ester oil, neutralization, esterification

**PEMBUATAN DAN PENGUJIAN MINYAK METIL ESTER BIJI KARET  
SEBAGAI ISOLASI TRANSFORMATOR TEGANGAN TINGGI**

Oleh

**MUHAMMAD ALIFIAH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **PEMBUATAN DAN PENGUJIAN MINYAK METIL ESTER BIJI KARET SEBAGAI ISOLASI TRANSFORMATOR TEGANGAN TINGGI**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Alifiah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515031067

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

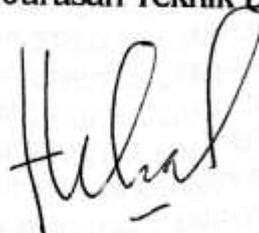


**Dr. Henry B. H. Sitorus, S.T., M.T.**  
NIP 19721219 199903 1 002



**Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T.**  
NIP 19711130 199903 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

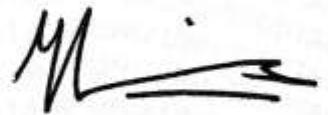


**Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T.**  
NIP 19711130 199903 1 003

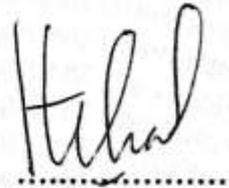
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

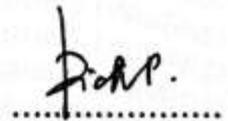
Ketua : **Dr. Henry B. H. Sitorus, S.T., M.T.**



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



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



### 2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



  
**Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 November 2019**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 10 Desember 2019



Muhammad Alifiah  
NPM. 1515031067

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bekasi, 28 Oktober 1997. Penulis merupakan anak pertama dari ketiga bersaudara dari pasangan Bapak Fenza dan Ibu Netti Maryati.

Pendidikan penulis SDS Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2003 hingga 2009, SMPN 8 Bandar Lampung pada tahun 2009 hingga 2012, dan SMAN 9 Bandar Lampung pada tahun 2012 hingga 2015.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan menjadi asisten dosen mata kuliah Kalkulus tahun 2019 dan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dari tahun 2018, serta menjadi asisten mata kuliah Praktikum Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2018 sampai 2019. Selain itu, penulis tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota Departemen Komunikasi dan Informasi selama satu periode kepengurusan yaitu pada tahun 2016-2017 dan pada periode kedua sebagai Kepala Departemen Koinfo pada tahun 2017. Pada 23 Juli – 25 Agustus 2018, penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Great Giant Pineapple, Lampung Tengah dan mengangkat judul “Studi Sistem Eksitasi Generator Unit 2 pada *Power Plant* Berkapasitas 7 MW PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa**

Karya ini kupersembahkan untuk

Ayah Tereinta dan Ibu Tereinta

**FENZA dan NETTI MARYATI**

Adik -Adikku Tersayang

**MUHAMMAD DARMANSYAH**  
dan  
**PUTRI ALFISYAH**

Keluarga Besar, Dosen, Teman, dan Almamater

## MOTTO

“Dan jika kamu menghitung nikmat Allah, tidaklah dapat kamu menghinggakannya. Sesungguhnya manusia itu, sangat zalim dan sangat mengingkari (nikmat Allah).”

(Q.S. Ibrahim : 34)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Q.S. Ar- Rahman : 53)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Q.S. Ar- Rahman : 55)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”

(Q.S. Ar- Rahman : 57)

“Pengetahuan adalah kekuatan”

~Muhammad Alifiah~

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Tugas Akhir dengan judul “Pembuatan dan Pengujian Minyak Metil Ester Biji Karet Sebagai Isolasi Transformator Tegangan Tinggi” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Phd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Henry B.H. Sitorus, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan kehidupan kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
5. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis dengan baik dan ramah.

6. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
7. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.
8. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
9. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
10. Ayah dan Ibu tercinta, Fenza dan Netti Maryati yang tak terhingga jasa yang telah diberikan. Hanya doa dan sedikit usaha meraih prestasi sekarang dan kedepannya serta menyelesaikan kewajiban agar terpancar senyum bangga di wajah kalian yang sangat saya impikan.
5. Adik-adik, Muhammad Darmansyah dan Putri Alfisyah yang selama ini telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dukungan, nasehat dan do'a dalam segala aspek agar istiqomah dalam menuntut ilmu.
11. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2015 terima kasih sudah menjadi saudara tak kandung sejak tahun 2015 hingga di masa depan.
12. Rekan-rekan Himatro Unila, serta kakak – kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Elektro.

13. Anggota Rumah Rafi Squad, Rafi Ariza, Bambang Sutrisno, Wira Jerry K.W., Dias Adhitama, Ikhwan Pamungkas, dan Arnold Sipangkar yang telah menemani dari awal hingga tak berakhir.
14. Seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

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

Bandar Lampung,      Desember 2019

Muhammad Alifiah

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesis .....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Transformator Daya .....	6
2.2 Sifat Kimia-Fisik dan Listrik.....	7
2.2.1 Viskositas.....	7
2.2.2 Bilangan Asam ( <i>Acid Number</i> ).....	8
2.2.3 Kadar Air ( <i>Water Content</i> ) .....	9
2.2.4 Tegangan Tembus ( <i>Breakdown Voltage</i> ) .....	9
2.3 Minyak Isolasi .....	10
2.3.1 Minyak Isolasi Mineral.....	11
2.3.2 Minyak Isolasi Sintetis.....	11
2.4 Minyak Nabati .....	12

2.5 Reaksi Esterifikasi .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.2.1 Pembuatan Minyak Biji Karet .....	19
3.2.2 Netralisasi dan Reaksi Esterifikasi .....	19
3.2.4 Analisa Viskositas Minyak Biji Karet .....	20
3.2.5 Analisa Bilangan Asam .....	20
3.2.6 Analisa Kadar Air .....	20
3.2.7 Pengujian Tegangan Tembus Minyak Biji Karet .....	20
3.3 Tahapan Pengerjaan Penelitian .....	21
3.3.1 Persiapan Minyak Biji Karet Mentah .....	21
3.3.2 Persiapan Minyak Biji Karet Hasil dari Reaksi Esterifikasi.....	21
3.3.3 Pengujian Sifat Kimia-Fisik Minyak Biji Karet .....	22
3.3.4 Pengujian Sifat Kelistrikan Minyak Biji Karet.....	25
3.3.5 Pengolahan Data Hasil Pengujian Minyak Biji Karet .....	26
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Pengambilan Minyak Biji Karet .....	28
4.2 Pembuatan Minyak Metil Ester .....	33
4.2.1 Proses Netralisasi.....	33
4.2.2 Proses Pencucian I .....	35
4.2.3 Proses Esterifikasi.....	36
4.2.4 Proses Pencucian II.....	39
4.2.5 Proses Drying dan Absorpsi .....	40
4.3 Pengujian Viskositas .....	42
4.4 Pengujian Bilangan Asam .....	44
4.5 Pengujian Kadar Air .....	46
4.6 Pengujian Tegangan Tembus (Breakdown Voltage).....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran .....	54

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 3. 1 Alat uji viskositas .....	22
Gambar 3. 2 Alat uji kadar air .....	23
Gambar 3. 3 Alat uji bilangan asam .....	24
Gambar 3. 4 Alat uji tegangan tembus .....	25
Gambar 3. 5 Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 4. 1(a) Biji karet kondisi buruk (b) Biji karet kondisi baik .....	28
Gambar 4. 2 (a) Pengeringan dengan panas matahari	
(b) Pengeringan dengan oven .....	29
Gambar 4. 3 Biji karet kering .....	30
Gambar 4. 4 Proses <i>pressing</i> .....	31
Gambar 4. 5 (a) Minyak hasil <i>pressing</i> (b) Ampas hasil <i>pressing</i> .....	32
Gambar 4. 6 Proses <i>filtering</i> .....	32
Gambar 4. 7 (a) Minyak sebelum netralisasi	
(b) Minyak sesudah netralisasi .....	35
Gambar 4. 8 (a) Pemisahan trigliserida dan <i>impurity</i> (b) Hasil pencucian .....	36
Gambar 4. 9 (a) Sebelum ditambahkan metanol	
(b) Sesudah ditambahkan metanol .....	38



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2. 1 Spesifikasi minyak isolasi baru.....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi minyak isolasi yang telah digunakan.....	10
Tabel 2. 3 Spesifikasi minyak isolasi berdasarkan SPLN 49-1 .....	14
Tabel 2. 4 Sifat kimia-fisik minyak biji karet mentah penelitian Fherdes Setiawan .....	14
Tabel 2. 5 Sifat kimia-fisik dan tegangan tembus minyak biji karet mentah penelitian Dona Roza .....	15
Tabel 2. 6 Perbandingan sifat kimia-fisik dan tegangan tembus pada tiga jenis minyak isolasi .....	17
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian .....	18
Tabel 4. 1 Persentase berat daging dan kulit biji karet .....	30
Tabel 4. 2 Persentase hasil <i>pressing</i> biji karet .....	31
Tabel 4. 3 Persentase minyak metil ester yang dihasilkan.....	41
Tabel 4. 4 Hasil pengujian nilai viskositas minyak metil ester biji karet .....	43
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian tegangan tembus minyak metil ester biji karet...	47
Tabel 4. 6 Perbandingan sifat kimia-fisik dan nilai tegangan tembus antara minyak biji karet mentah dan minyak metil ester biji karet ....	51

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Transformator daya memiliki peranan penting dalam sistem tenaga listrik. Dibutuhkan transformator daya untuk menyalurkan daya dari generator bertegangan menengah ke transmisi bertegangan tinggi serta menyalurkan daya dari transmisi bertegangan tinggi ke jaringan distribusi agar rugi-rugi daya tidak melebihi rugi-rugi yang diinginkan. Jenis isolasi transformator daya yang umum digunakan adalah isolasi cair. Isolasi cair tersebut disebut minyak transformator atau minyak isolasi. Minyak transformator yang digunakan harus memiliki daya hantar panas yang baik agar panas pada inti transformator dan kumparan transformator berpindah ke medium yang ada di sekitarnya. Jika transformator beroperasi dalam waktu yang lama, biasanya terjadi pengasaman pada minyak isolasi. Pengasaman yang terjadi menyebabkan isolasi kumparan rapuh dan mudah retak, sehingga daya hantar panas pada inti dan kumparan trafo menjadi lambat dan temperatur minyak menjadi lebih tinggi. Hal ini akan menyebabkan kerusakan minyak isolasi dengan terjadinya tembus listrik termal. Maka dari itu, dibutuhkan pemeriksaan isolasi secara rutin dan pemilihan minyak isolasi yang

cukup baik agar peralatan pada proses penyaluran energi listrik ini menjadi aman.

Bahan isolasi cair yang umum digunakan adalah minyak mineral karena memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi. Namun terdapat kekurangan minyak mineral yaitu minyak mineral bersifat *poor biodegradable*, yaitu limbah yang dihasilkan tidak dapat hancur dan diuraikan oleh proses biologi. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif lain untuk penggunaan isolasi cair seperti minyak nabati yang bersifat *biodegradable*.

Bahan baku alternatif yang ramah lingkungan adalah minyak nabati merupakan minyak yang diekstrak dari berbagai tumbuhan. Bahan baku minyak nabati mudah dicari dan umumnya harga lebih murah dibanding minyak mineral. Salah satu alternatif bahan yang dapat diteliti yaitu minyak nabati berbahan dasar biji karet (*Hevea Braziliensis*). Di Indonesia perkebunan karet masih tersedia cukup banyak sehingga memungkinkan untuk dilakukannya pengembangan terhadap minyak nabati berbahan dasar biji karet.

Pada penelitian ini dibahas pengolahan biji karet yang akan melalui proses fisik dan kimiawi seperti *seed drying*, *pressing*, netralisasi, esterifikasi, pencucian, pengeringan dan absorpsi agar didapatkan minyak metil ester biji karet (*Hevea Braziliensis Methyl Ester Oil / HBMEO*). Minyak biji karet yang dihasilkan diharapkan dapat sebagai pengganti kebutuhan minyak mineral, karena ketersediaan bahan biji karet yang masih banyak di Indonesia serta diharapkan memiliki sifat kimia-fisik yang sesuai dengan standar minyak isolasi.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan tugas akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengkonversi minyak biji karet mentah menjadi minyak metil ester biji karet
2. Menganalisis sifat kimia-fisik dari minyak metil ester biji karet.
3. Menganalisis nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) minyak metil ester biji karet.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di harapkan dari penelitian ini di antaranya sebagai berikut.

1. Memperoleh sifat kimia-fisik minyak metil ester biji karet seperti nilai tingkat kekentalan (*viscosity*), bilangan asam (*acid number*) dan kadar air (*water content*).
2. Memperoleh nilai ketahanan minyak metil ester biji karet terhadap tegangan tinggi dengan menggunakan metode pengujian tegangan tembus (*breakdown voltage*).

## 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, perlu adanya pemanfaatan biji karet dengan cara mengambil minyaknya untuk pengembangan alternatif minyak isolasi berbahan dasar minyak nabati. Minyak biji karet dapat digunakan karena pada dasarnya minyak nabati memiliki nilai ekonomis yang lebih murah dibandingkan dengan minyak isolasi yang umumnya digunakan saat ini. Namun, penting untuk

terpenuhinya kriteria minyak isolasi sesuai dengan standar. Beberapa kriteria minyak isolasi yang dapat diperhitungkan seperti nilai viskositas, bilangan asam, kadar air, serta nilai tegangan tembus. Pada penelitian ini, minyak biji karet yang diperoleh akan melalui reaksi esterifikasi dan diteliti lebih agar dapat ditentukan kelayakan minyak biji karet sebagai minyak isolasi.

### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini di antaranya sebagai berikut.

1. Pengolahan minyak biji karet melalui proses *seed drying, pressing, netralisasi, esterifikasi, pencucian, pengeringan* dan absorpsi.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan sifat kimia-fisik minyak metil ester biji karet seperti nilai viskositas, bilangan asam, dan kadar air .
3. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian tegangan tembus minyak metil ester biji karet dengan standar IEC 60156-95.

### **1.6 Hipotesis**

Adapun hipotesis pada tugas akhir ini adalah diperoleh nilai sifat kimia-fisik dan nilai tegangan tembus pada minyak metil ester biji karet setelah melalui proses esterifikasi telah memenuhi standar minyak isolasi.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan ini adalah:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Memuat latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Memuat tentang teori yang mendukung penelitian tentang minyak biji karet

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Memuat langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan seperti alat, bahan dan tempat serta metode penelitian yang digunakan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan dan menganalisa hasil penelitian yang telah selesai dilakukan

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Memuat simpulan yang diperoleh dan saran untuk pengembangan penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Penelitian ini membahas tentang pengolahan biji karet sehingga dihasilkan minyak metil ester biji karet sebagai bahan isolasi cair. Penelitian ini difokuskan pada pengujian minyak metil ester biji karet berupa sifat kimia-fisik dan ketahanan tegangan *breakdown*. Pengujian sifat kimia-fisik yang dilakukan mencakup nilai viskositas, bilangan asam (*acid number*), dan kadar air (*water content*). Pengujian tegangan *breakdown* menggunakan 2 elektroda setengah bola (*mushroom*) dengan menaikkan nilai tegangan secara bertahap sampai mencapai tegangan tembus pada minyak metil ester.

### **2.1 Transformator Daya**

Penggunaan tranformator daya bertegangan tinggi serta berkapasitas besar untuk menyalurkan daya listrik menimbulkan persoalan, salah satunya merupakan perencanaan isolasi. Isolasi pada transformator daya harus mampu menahan tegangan lebih impuls untuk waktu yang lama. Transformator menggunakan minyak isolasi sebagai bahan pengisolasi pada bagian-bagian transformator, seperti isolasi antar belitan, belitan dengan dinding transformator serta belitan dengan *inti*. Saat ini pada transformator berkapasitas besar dilengkapi dengan sirip-sirip

radiator yang membantu menurunkan suhu transformator ketika suhu naik. Pada saat minyak bersirkulasi, belitan menghasilkan panas yang akan dibawa sesuai jalur sirkulasinya oleh minyak isolasi dan pada sirip–sirip radiator akan didinginkan [1].

## **2.2 Sifat Kimia-Fisik dan Listrik**

Minyak isolasi memiliki sifat kimia-fisik maupun listrik sebagai penentu kualitas minyak yang digunakan. Sifat kimia-fisik merupakan sifat yang menunjukkan perubahan suatu zat (dalam penelitian yaitu minyak) terhadap reaksi kimiawi maupun fisik. Sifat kimia-fisik mencakup nilai viskositas, bilangan asam (*acid number*), kadar air (*water content*), titik nyala (*flash point*), massa jenis (densitas), titik tuang (*pour point*), aneka kenetralan, kandungan gas dan sebagainya. Sedangkan sifat listrik yang dimiliki minyak isolasi meliputi kemampuan minyak isolasi dalam menahan medan listrik. Sedangkan sifat listrik suatu minyak isolasi meliputi nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) dengan parameter seperti resistifitas, konduktivitas, kelembaban, permitivitas relatif dan lain sebagainya [2].

### **2.2.1 Viskositas**

Viskositas merupakan sifat fisik minyak isolasi berupa tingkat kekentalan minyak, dengan satuan  $\text{mm}^2/\text{s}$  atau cSt (*centistokes*). Kualitas minyak isolasi dapat dilihat dari seberapa besar tingkat kekentalan minyak untuk mengalir atau merupakan resistansi dari minyak isolasi. Nilai viskositas minyak yang semakin besar, menyebabkan minyak semakin kental dan besar nilai resistansinya. Selain

itu nilai viskositas memiliki pengaruh terhadap pendinginan suatu alat listrik serta tingkat kemurnian dari minyak isolasi [3].

Penelitian minyak biji karet mentah terkait nilai viskositas sebelumnya dilakukan oleh Fherdes Setiawan memperoleh nilai sebesar 67,34 cSt, penelitian oleh Nikma Ulya dkk memperoleh nilai sebesar 33,5740 cSt, penelitian oleh Edy Mulyadi memperoleh nilai sebesar 33,5740 cSt, penelitian oleh Ismu Rohmah Rusmaningtyas dkk memperoleh nilai sebesar 33,5740 cSt, dan penelitian yang dilakukan oleh Dona Roza memperoleh nilai sebesar 31,05 cSt pada suhu 40°C [4]–[8]. Sedangkan penelitian terhadap nilai viskositas pada minyak metil ester biji karet dilakukan oleh Nikma Ulya dkk memperoleh nilai sebesar 22,23275 cSt, penelitian oleh Ismu Rohmah Rusmaningtyas dkk memperoleh nilai sebesar 20,4893 cSt, penelitian oleh Edy Mulyadi memperoleh nilai sebesar 20,2878 cSt, dan penelitian oleh Subhan Fauzi dkk memperoleh nilai sebesar 7,73 cSt [5], [7]–[9].

### **2.2.2 Bilangan Asam (*Acid Number*)**

Bilangan asam minyak isolasi menjadi salah satu dari parameter penting Pengukuran pada bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas (*free fatty acid* atau FFA) minyak isolasi akibat proses hidrolisis, dihitung dengan banyaknya jumlah kalium hidroksida dalam miligram yang dibutuhkan untuk dapat menetralkan asam dalam satu gram minyak (mg-KOH/g). Minyak isolasi yang memiliki bilangan asam tinggi, menyebabkan tingkat kerusakan minyak yang tinggi. Hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah molekul trigliserida yang

terhidrolisis membuat terjadinya korosi yang lebih besar. Dengan demikian dapat diartikan bahwa minyak isolasi tersebut berkualitas semakin buruk [10].

Penelitian minyak metil ester biji karet terkait bilangan asam sebelumnya dilakukan oleh Edy Mulyadi memperoleh nilai sebesar 0,49 mgKOH/g dan penelitian oleh Citra Uli Sitompul, dkk memperoleh nilai sebesar 2,69 mg KOH/g [8], [11].

### **2.2.3 Kadar Air (*Water Content*)**

Banyaknya kadar air yang terdapat di dalam minyak isolasi ditulis dengan satuan ppm (*part per million*). Penurunan nilai tegangan tembus serta tahanan jenis minyak isolasi salah satunya akibat kadar air yang besar. Selain itu dapat menurunkan kemampuan kertas pengisolasi (*insulating paper*). Minyak isolasi yang memiliki kadar air tinggi, menyebabkan buruknya kualitas minyak isolasi [10].

### **2.2.4 Tegangan Tembus (*Breakdown Voltage*)**

Tegangan tembus merupakan nilai tegangan dalam satuan kV yang diperlukan untuk dapat menembus atau melewati lapisan minyak isolasi diantara 2 elektroda dengan berjarak 1 sampai 2,5 mm dinyatakan dalam satuan kV/cm pada kondisi suhu ruangan. Minyak isolasi yang memiliki nilai tegangan tembus rendah menunjukkan adanya campuran bahan selain minyak seperti gelembung udara, air atau partikel-partikel lainnya [10]. Dengan metode uji IEC 60156, nilai tegangan tembus pada minyak isolasi berdasarkan standar SPLN 49-1 adalah sebesar 30 kV dengan jarak sela bola 0.25 cm sehingga nilai kekuatan dielektrik yang dimiliki

minyak isolasi tersebut adalah  $30 \text{ kV}/0.25 \text{ cm}$  atau  $120 \text{ kV}/\text{cm}$  [12]. Dengan metode uji IEC 296 menggunakan jarak sela bola 2,5 mm, minyak isolasi dalam kondisi baru minimal memiliki nilai tegangan tembus sebesar 30 kV sebelum dilakukan pengolahan dan 50 kV sesudah dilakukan pengolahan [13]. Menurut standar SPLN 49-1 untuk minyak isolasi baru dan minyak isolasi yang telah digunakan memiliki spesifikasi minyak yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Spesifikasi minyak isolasi baru

Sifat	Satuan	Kelas 1 dan 2	Metode Uji [12]
Tegangan Tembus	kV/2,5 mm	-	IEC 60296
a. Sebelum diolah	-	$\geq 30$	
b. Setelah diolah	-	$\geq 50$	

Tabel 2. 2 Spesifikasi minyak isolasi yang telah digunakan

Sifat	Tegangan Peralatan (kV)	Batas yang Diizinkan [13]	Metode Uji
Tegangan Tembus	$\geq 170$	$\geq 50 \text{ kV}/ 2,5 \text{ mm}$	IEC 60156
	70 – 170	$\geq 40 \text{ kV}/ 2,5 \text{ mm}$	
	$\leq 70$	$\geq 30 \text{ kV}/ 2,5 \text{ mm}$	

### 2.3 Minyak Isolasi

Minyak transformator atau minyak isolasi sangat baik dalam isolasi listrik karena bersifat stabil pada suhu yang tinggi. Minyak isolasi digunakan pada transformator berisi minyak, *ballast* lampu neon, beberapa jenis kapasitor tegangan tinggi, pemutus daya serta beberapa jenis sakelar tegangan tinggi. Fungsinya sebagai isolasi, sebagai pendingin serta menekan *discharge* dan lengkung korona [13].

Minyak isolasi terdiri dari beberapa jenis dalam segi bahan maupun dari segi pembuatannya. Minyak isolasi yang umumnya digunakan pada transformator tegangan tinggi adalah [14]:

1. Minyak isolasi mineral
2. Minyak isolasi sintetis

### **2.3.1 Minyak Isolasi Mineral**

Minyak isolasi mineral merupakan minyak isolasi yang melalui proses destilasi berbahan dasar minyak bumi. Minyak isolasi hasil destilasi akan melalui beberapa proses untuk memperoleh nilai tahanan isolasi yang tinggi, memiliki karakteristik panas yang stabil, serta memenuhi syarat – syarat teknis lainnya [14].

Penggunaan minyak isolasi mineral umumnya pada transformator daya, kapasitor, pemutus daya dan kabel daya. Beberapa fungsi minyak isolasi mineral yakni sebagai pendingin, bahan dielektrik, serta memadamkan busur api [14].

### **2.3.2 Minyak Isolasi Sintetis**

Beberapa kekurangan minyak isolasi mineral yakni sifat minyak yang mudah beroksidasi, mudah mengalami kerusakan serta perubahan sifat kimia saat proses memadamkan busur api yang menyebabkan temperatur yang tinggi ketika peralatan beroperasi. Untuk masa depan, penggunaan minyak isolasi sintetis diharapkan mampu menyelesaikan kekurangan minyak isolasi mineral. Oleh sebab itu banyak

penelitian yang melakukan proses pembuatan minyak isolasi sintetis serta kemungkinan minyak isolasi sintetis digunakan pada peralatan tegangan tinggi.

Minyak isolasi sintetis diperoleh melalui pengolahan dengan proses kimiawi untuk mendapatkan minyak isolasi dengan karakteristik yang lebih baik. Adapun kelebihan minyak isolasi sintetis dibandingkan dengan minyak isolasi mineral yaitu:

1. Kekuatan dielektrik lebih dari 40 kV.
2. Tidak mengendap, biaya murah, serta sukar terbakar.
3. Proses pemisahan kadar air dan proses pemurnian dalam minyak lebih mudah.
4. Mempunyai kemampuan menghantarkan panas yang sama baik dengan minyak isolasi mineral.
5. Dalam kondisi penggunaan yang sama dengan minyak isolasi mineral, penurunan kekuatan dielektrik yang lebih cepat dirasakan oleh minyak isolasi sintetis akibat uap lembab yang menyebabkan oksidasi berlebih. Namun karena umur minyak isolasi sintetis lebih relatif panjang serta memiliki sifat pendingin yang lebih baik, maka minyak isolasi sintetis menjadi pilihan dalam penggunaan dalam peralatan tegangan tinggi [9].

## **2.4 Minyak Nabati**

Dalam menggunakan bahan material tidak hanya dipilih oleh nilai dan kualitas kerjanya saja, namun perlu dipertimbangkan dampak terhadap lingkungan serta keseluruhan biaya siklus hidup total. Adapun syarat minimum yang harus

dimiliki minyak isolasi terkait aspek lingkungan dan kesehatan, di antaranya [16]:

1. Bersifat *Biodegradable*
2. Tidak beracun
3. Berasal dari sumber terbarukan
4. Produk sampingan harus memiliki resiko degradasi termal kecil
5. Bisa didaur ulang

Ester alami merupakan bahan material yang berpotensi sebagai minyak isolasi yang ramah lingkungan dan sesuai dalam kriteria kesehatan, banyak diperoleh dari minyak nabati. Minyak nabati memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan minyak transformator konvensional, di antaranya [16]:

1. Tidak membahayakan lingkungan.
2. Sifat biodegradabilitas sangat baik.
3. Memiliki karakteristik termal lebih baik.
4. Tingginya nilai titik bakar dan titik kilat.
5. Ketersediaan minyak nabati cukup banyak.
6. Rendahnya laju penuaan pada kertas isolasi.
7. Mudah untuk diproduksi kembali.

Minyak nabati merupakan minyak berasal dari tumbuh-tumbuhan. Minyak mentah (*crude oil*) menjadi bahan dasar dalam pembuatan minyak nabati. Dengan menimbang faktor ketersediaan di alam, minyak biji karet dapat diteliti serta dikembangkan sebagai menjadi minyak isolasi. Produksi karet berkisar 70% berasal dari Indonesia, Thailand dan Malaysia. Berdasarkan data pada tahun

2016 menunjukkan Indonesia memiliki luas perkebunan karet mencapai 3.679 ribu Ha [17].

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan minyak nabati dilakukan oleh Cendana Ningsih dan Sri Wahyuni dari Universitas Sebelas Maret pada tahun 2006 tentang proses ekstraksi minyak biji karet. Penelitian tersebut menjelaskan bagaimana metode yang digunakan dalam ekstraksi biji karet dan kadar minyak dalam biji. Dengan menggunakan ekstraktor *batch*, diperoleh kadar minyak dalam biji karet sebesar 8,642% dan soxhlet sebesar 2,62% [18].

Spesifikasi minyak isolasi terkait standar nilai viskositas, bilangan asam (*acid number*), dan kadar air (*water content*) berdasarkan SPLN 49-1 ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Spesifikasi minyak isolasi berdasarkan SPLN 49-1

Parameter	Tegangan Peralatan	Nilai [12]
Viskositas pada 20 °C ( cSt )	-	≤ 40
Bilangan asam ( mg-KOH/g )	-	< 0,03
Kadar air ( mg/l )	≥ 170 kV	≤ 20
	≤ 170 kV	≤ 30

Penelitian terkait sifat kimia-fisik minyak biji keret mentah yang dilakukan Fherdes Setiawan pada tahun 2009 ditunjukkan pada Tabel 2.4 [4].

Tabel 2. 4 Sifat kimia-fisik minyak biji karet mentah penelitian Fherdes Setiawan

No	Parameter Uji	Nilai
1	Berat jenis (g/cm <sup>3</sup> )	0,93
2	Viskositas ( <i>centistokes</i> )	67,34
3	Warna (unit PtCo)	2713
4	Bilangan asam (mg KOH/g minyak)	11,70

5	Persen FFA (%)	5,82
6	Bilangan iod (g iod /100 g minyak)	115
7	Bilangan penyabunan (mg KOH/g minyak)	357,16
8	Bilangan peroksida (meq/1000 g minyak)	22,93
9	Titik tuang (°C)	(-15) - 13
10	Titik nyala (°C)	100

Penelitian terkait sifat kimia-fisik dan nilai tegangan tembus minyak biji karet mentah yang dilakukan Dona Roza pada tahun 2018 ditunjukkan pada Tabel 2.5 [6].

Tabel 2. 5 Sifat kimia-fisik dan tegangan tembus minyak biji karet mentah penelitian Dona Roza

Parameter Uji	Nilai
Viskositas (centistokes)	31,05
Bilangan asam (mg-KOH/g)	16,24
Kadar air (ppm)	6100
Tegangan tembus (kV/25 mm)	40,4

## 2.5 Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi biasa digunakan pada proses pembuatan minyak isolasi berbahan dasar minyak nabati. Reaksi esterifikasi merupakan proses mengubah trigliserida menjadi gliserol dan metil ester menggunakan bantuan katalis, di mana produk akhir sebagai bahan pengujian adalah metil ester. Katalis basa menjadi alternatif pada proses esterifikasi karena lebih aman dibandingkan penggunaan katalis asam. Adapun jenis katalis basa yang biasa digunakan pada proses esterifikasi yakni katalis basa homogen dan katalis basa heterogen.

Pada proses pembuatan minyak metil ester, salah satu katalis yang paling umum digunakan adalah katalis basa homogen karena dapat dipakai pada tekanan serta temperatur yang relatif rendah. Selain itu kemampuan katalisator yang tinggi menjadi keunggulan katalis basa homogen. Namun, jika sudah bereaksi dengan bahan campuran, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dan tidak dapat digunakan kembali sehingga akhirnya jika tidak terpakai akan menjadi limbah. Contoh katalis basa homogen yaitu NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida).

Di sisi lain, proses esterifikasi juga dapat dibantu dengan katalis basa heterogen walaupun sifat kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan katalis basa homogen. Katalis basa heterogen dapat digunakan kembali jika sudah bereaksi karena dengan mudah mampu dipisahkan dari campuran reaksi, mengurangi pengoperasian peralatan pemisahan yang mahal serta meminimasi dampak negatif dari limbah yang dihasilkan. Contoh katalis basa heterogen yaitu CaO.

Adapun syarat khusus dalam penggunaan katalis basa pada reaksi esterifikasi untuk menghasilkan proses reaksi yang baik, di antaranya menggunakan alkohol dalam keadaan anhidrous dengan kadar air  $< 0.1 - 0.5$  %-berat serta kandungan asam lemak bebas pada minyak yang digunakan sebesar  $< 0.5\%$  [19].

Penelitian yang berkaitan tentang minyak metil ester dilakukan Henry B.H. Sitorus dkk yang diterbitkan oleh *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* pada tahun 2016 [20]. Penelitian ini mengenai sifat kimia-fisik dan tegangan tembus dari minyak nabati berbahan dasar biji jarak pagar, baik minyak

mentah biji jarak pagar maupun minyak metil ester. Selain itu, menjelaskan pula tahapan proses esterifikasi yang dilakukan terhadap minyak mentah biji jarak pagar serta pengujian tegangan tembus. Minyak ester diproses esterifikasi dengan alkali menggunakan katalisis kalium hidroksida (KOH) untuk menghasilkan minyak jarak pagar metil ester. Hasil penelitian tersebut ditampilkan pada Tabel 2.6 [20].

Tabel 2. 6 Perbandingan sifat kimia-fisik dan tegangan tembus pada tiga jenis minyak isolasi

Parameter	Minyak Jarak Pagar Mentah	Minyak Metil Ester Jarak Pagar	Minyak Mineral
Viskositas pada 40°C [cSt]	30,00-32,44	10,45	9,4
Kadar air [ppm]	1000-2000	64,91	11,57
Bilangan asam [mg-KOH/g]	0,9-1,5	0,0708	0,01
Tegangan Tembus sebelum Filtrasi (nilai maksimum) [kV]	24-35	42,55	-
Tegangan Tembus setelah Filtrasi (nilai maksimum) [kV]	35-64	87	78,5

Berdasarkan Tabel 2.6, minyak metil ester jarak pagar yang telah melalui reaksi esterifikasi memiliki nilai sifat kimia-fisik dan tegangan tembus yang jauh lebih baik dibandingkan dengan minyak jarak pagar mentah. Dan juga minyak metil ester jarak pagar memiliki nilai sifat kimia yang tidak berbeda jauh dengan minyak mineral.

Memperhatikan penelitian yang dilakukan oleh Henry B.H. Sitorus dkk, dengan metode yang sama dapat diterapkan pada minyak nabati biji karet untuk memperoleh alternatif minyak isolasi terbaru yang belum ada sebelumnya.



## 3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 3.2.1 Pembuatan Minyak Biji Karet

1. Palu
2. Pisau
3. Talenan
4. Wadah Mangkuk
5. Oven
6. Alat *press* biji karet
7. Corong Minyak
8. Botol kaca
9. Alat *filter* minyak

### 3.2.2 Netralisasi dan Reaksi Esterifikasi

1. Lima liter minyak biji karet
2. KOH
3. NaOH
4. Methanol
5. Air Aquades (pure water)
6. Satu unit Magnetic Stirrer
7. Buret
8. Corong pemisah
9. Gelas ukur
10. Gelas becker
11. Timbangan Digital
12. Termometer
13. Tabung Erlemenyer
14. Watch Glass
15. Corong

16. Sendok kimia
17. Oven vakum
18. Gelas ukur
19. Universal Paper

#### **3.2.4 Analisa Viskositas Minyak Biji Karet**

1. 1 set alat *Viscometer*
2. Sampel minyak
3. *Syringe*
4. Wadah

#### **3.2.5 Analisa Bilangan Asam**

1. 1 set alat *Total Acid Number (TAN) Analyzer*
2. Sampel minyak
3. *Syringe*
4. Wadah
5. Alkohol
6. KOH

#### **3.2.6 Analisa Kadar Air**

1. 1 set Karl Fischer
2. Sampel minyak
3. *Syringe*

#### **3.2.7 Pengujian Tegangan Tembus Minyak Biji Karet**

1. 1 set alat Megger OTS80SF
2. Sampel minyak 400 ml
3. Kabel *grounding*

### **3.3 Tahapan Pengerjaan Penelitian**

Adapun tahapan dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **3.3.1 Persiapan Minyak Biji Karet Mentah**

Material minyak biji karet yaitu biji karet dipersiapkan. Biji karet akan dikumpulkan dan dikeringkan. Setelah itu akan melalui proses fisik seperti penekanan (*pressing*) dan penyaringan (*filtering*). Dari proses fisik telah diperoleh minyak biji karet mentah ( *crude Hevea Braziliensis oil* ).

#### **3.3.2 Persiapan Minyak Biji Karet Hasil dari Reaksi Esterifikasi**

Minyak biji karet mentah yang telah diperoleh akan melalui proses netralisasi dan reaksi esterifikasi untuk memperoleh metil ester. Proses netralisasi dilakukan dengan menambahkan NaOH pada minyak sehingga memperoleh trigliserida. Selanjutnya trigliserida dicuci dengan air akuades untuk menghilangkan sisa-sisa NaOH. Setelah trigliserida dicuci, dilakukan proses esterifikasi dengan menambahkan campuran metanol dan KOH ke dalam trigliserida sehingga terbentuk dua lapisan atau fase. Lapisan atas adalah metil ester dan lapisan bawah adalah gliserol, setelah itu dipisahkan secara perlahan-lahan kedua lapisan tersebut dengan cara dimasukkan pada corong pemisah.

Kemudian metil ester dicuci beberapa kali dengan menggunakan aquadest sampai pH bersifat netral. Selanjutnya metil ester dipanaskan menggunakan *vacuum oven* untuk menghilangkan sisa dari akuadest, metanol, dan katalis yang tercampur.

### 3.3.3 Pengujian Sifat Kimia-Fisik Minyak Biji Karet

Pengujian sifat kimia-fisik minyak biji karet yang akan dilakukan antara lain :

#### 1. Pengujian Viskositas



Gambar 3. 1 Alat uji viskositas

Gambar 3.1 merupakan alat uji viskositas minyak berupa *Viscometer Cannon – Fenske*. Pengujian viskositas akan dilakukan di UPT LTSIT UNILA. Adapun tahapan prosedur pengujian viskositas adalah sebagai berikut

- a. Menghidupkan *viscometer* hingga suhu 40°C dan muncul PID pada *display viscometer*
- b. Menyiapkan sampel uji
- c. Memasukkan sampel uji menggunakan *syringe* ke dalam *viscometer cannon fenske* secara perlahan
- d. Memposisikan *viscometer* secara vertikal
- e. Menyiapkan *timer*, waktu mulai dihitung setelah minyak berada di *section E* sampai *section F* ( $T_1$ ) dan *section F* sampai *section I* ( $T_2$ )
- f. Mencatat waktu pada *timer*
- g. Mengulangi prosedur dari c sampai f untuk memperoleh data yang lebih baik

## 2. Pengujian Kadar Air



Gambar 3. 2 Alat uji kadar air

Keterangan:

1. *Syringe*
2. *Reagen Karl Fisher*
3. *Timbangan Analitik dan Labu Titrator*

Gambar 3.2 merupakan alat uji kadar air dengan metode Karl Fisher (KF).

Pengujian kadar air dilakukan di PT. LEMIGAS. Adapun prosedur pengujian kadar air pada minyak adalah sebagai berikut :

- a. Menghidupkan alat uji Karl Fisher
- b. Menyiapkan sampel dan memasukkan ke alat uji menggunakan *syringe* secara perlahan
- c. Mencatat temperatur trafo yang diperoleh dari rata-rata temperatur *top oil* dengan temperatur sampel minyak
- d. Berdasarkan temperatur tersebut diperoleh hasil perkiraan perhitungan jumlah kelarutan air dalam minyak dengan menggunakan rumus:

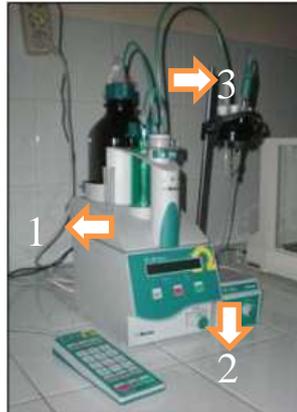
$$\log S_0 = \frac{-1567}{K} + 7,0895$$

Di mana :

$S_0$  : Kelarutan air pada minyak

$K$  : Temperatur dalam Kelvin

### 3. Pengujian Bilangan Asam



Gambar 3. 3 Alat uji bilangan asam

Keterangan :

1. *Reagen TAN*
2. *Timbangan Analitik dan Labu Titrator*
3. *Syringe*

Gambar 3.3 merupakan alat uji yang digunakan pada pengujian bilangan asam.

Pengujian bilangan asam dilakukan di PT. LEMIGAS.

Adapun prosedur pengujian bilangan asam adalah sebagai berikut :

- a. Menghidupkan alat uji
- b. Memasukkan sampel minyak ke dalam alat uji menggunakan *syringe* secara perlahan
- c. Mencampurkan minyak dengan alkohol (bersifat asam)

- d. Melakukan titrasi pada campuran tersebut menggunakan larutan KOH
- e. Memperhitungkan berapa besar asam menggunakan KOH yang dilarutkan

### 3.3.4 Pengujian Sifat Kelistrikan Minyak Biji Karet

Pengujian sifat kelistrikan minyak biji karet yang akan dilakukan adalah pengujian nilai tegangan tembus. Pengujian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) P3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi Tanjung Karang Teluk Betung Bandar Lampung.



Gambar 3. 4 Alat uji tegangan tembus

Gambar 3.4 merupakan alat uji tegangan tembus untuk minyak isolasi menggunakan metode IEC 60156-95. Adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Membersihkan wadah uji menggunakan alkohol dan sampel minyak
- b. Memasukkan sampel minyak sebanyak 400 ml ke dalam wadah uji
- c. Menghidupkan alat uji dan menghubungkan alat uji dengan *grounding*
- d. Menekan *start* untuk memulai pengujian
- e. Hasil pengujian akan tercetak pada alat uji secara otomatis.

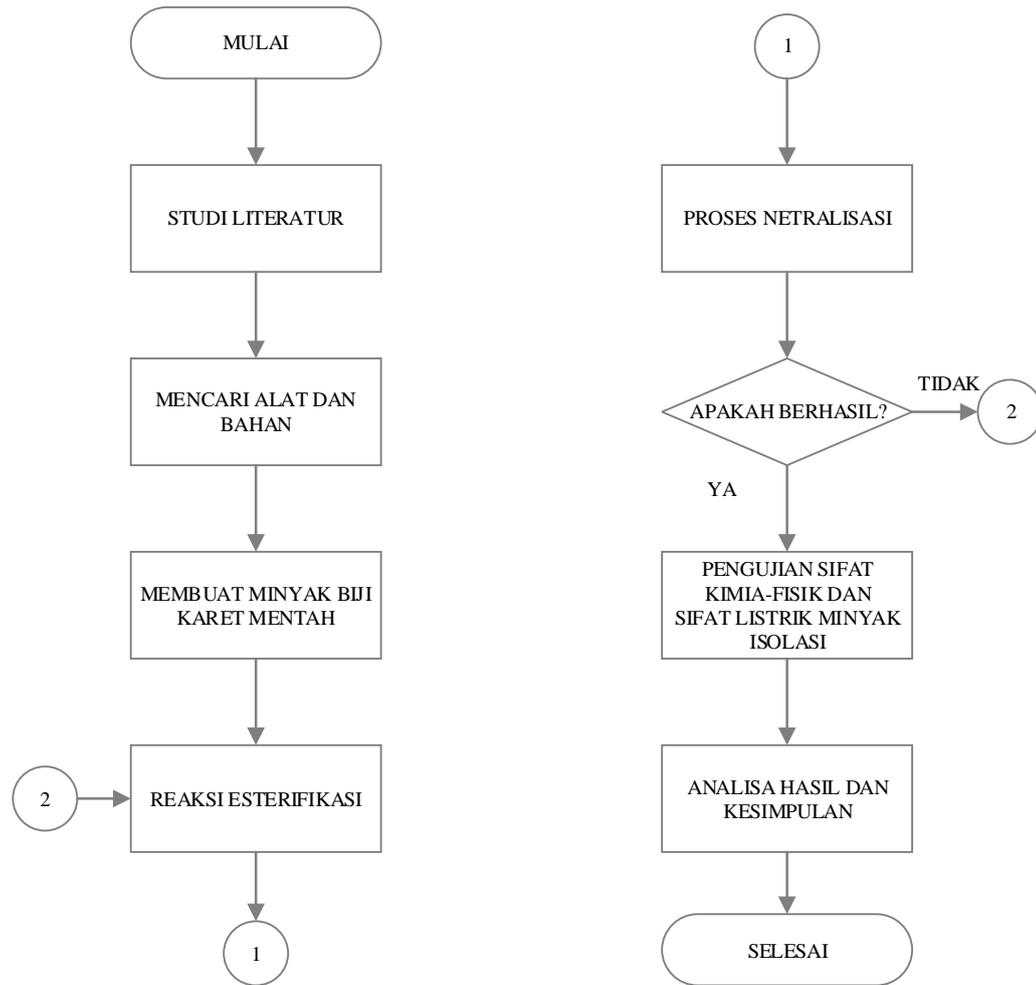
### **3.3.5 Pengolahan Data Hasil Pengujian Minyak Minyak Biji Karet**

Tahap ini, penulis akan mengolah data dari hasil pengujian minyak isolasi yang telah dilakukan. Hasil yang diperoleh akan dianalisa apakah metil ester berbahan dasar biji karet memiliki kualitas yang baik atau tidak berdasarkan standar sebagai minyak isolasi.

### **3.4 Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir perancangan sistem ditunjukkan seperti Gambar 3.5. Diagram alir dimulai dengan mencari literatur dan memahaminya guna menentukan alat dan bahan yang akan dicari. Setelah ditentukan, bahan yang dibutuhkan dicari. Apabila bahan yang dibutuhkan kurang atau tidak tersedia maka pencarian kembali dilakukan hingga menemukan alat dan bahan yang dibutuhkan.

Setelah menentukan alat dan bahan yang tepat, langkah selanjutnya adalah membuat minyak biji karet mentah dilanjutkan dengan proses netralisasi dan esterifikasi sebelum dilakukan pengujian. Apabila reaksi esterifikasi gagal, maka melakukan reaksi esterifikasi kembali. Jika esterifikasi berhasil, melakukan pengujian sifat kimia – fisik dan sifat litrik serta menganalisis dan memberikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh.



Gambar 3. 5 Diagram alir penelitian

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah

1. Proses reaksi esterifikasi yang dilakukan dalam pembuatan minyak metil ester biji karet menggunakan perbandingan antara minyak biji karet dan metanol sebesar 1:8, serta kadar KOH sebesar 0,8% dari berat minyak. Hasil reaksi esterifikasi diperoleh volume metil ester biji karet berkisar 39,5% - 40,5% dari volume minyak mentah biji karet.
2. Nilai viskositas dari minyak metil ester biji karet sebesar 32,533 cSt masih dalam batas yang diizinkan untuk minyak isolasi *natural ester* (IEEE C57.147) yaitu  $\leq 50$  cSt. Sementara data hasil bilangan asam sebesar 12,46 mg KOH/g dan kadar air sebesar 953,38 ppm, melewati batas yang diizinkan untuk minyak isolasi *natural ester* (IEEE C57.147) yaitu  $\leq 0,06$  mg KOH/g dan  $\leq 300$  ppm.
3. Nilai tegangan tembus minyak metil ester biji karet sebesar 48,013 kV/2,5 mm berada dalam batas standar SPLN 49-1 yaitu 30 kV/2,5 mm.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan pada tugas akhir ini adalah

1. Melakukan proses *degumming* untuk menghilangkan getah pada minyak mentah lebih banyak.
2. Melakukan proses reaksi esterifikasi dengan waktu yang lebih lama untuk memperoleh sifat kimia-fisik yang lebih baik.
3. Melakukan variasi katalis yang digunakan pada proses reaksi esterifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Agustina dan M. R. Malau, "Evaluasi Kandungan Air Terhadap Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator," *Jurnal Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, hlm. 5, 2014.
- [2] R. K. Putra dan F. Murdiya, "Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair," *Jurnal FTEKNIK Univ. Riau*, vol. 4, no. 2, hlm. 11, 2017.
- [3] D. R. Rosalina, "Pengukuran Viskositas Minyak Goreng Pada Berbagai Variasi Suhu Dengan Menggunakan Sensor Fiber Optik," *Skripsi Univ. Negeri Yogyakarta*, 2017.
- [4] Setiawan Fherdes, "Pengaruh Konsentrasi Minyak Biji Karet (*Hevea brasiliensis*) dan Waktu Oksidasi Dalam Penyamakan Minyak Terhadap Mutu Kulit Samoa." *Skripsi Institut Pertanian Bogor*, 2009.
- [5] N. Ulya dan E. D. Siswani, "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Pada Variasi Suhu Transesterifikasi Dan Rasio (Metanol/Minyak) Pada Waktu 60 Menit," *Jurnal Kimia Dasar Univ. Negeri Yogyakarta*, vol. 6, no.4, hlm. 8 2017.
- [6] D. Roza, "Analisis Sifat Kimia-Fisik Dan Tegangan Breakdown Minyak Biji Karet Mentah," *Skripsi Univ. Lampung*, 2018.
- [7] Ismu Rohmah Rusmaningtyas dan E. D. Siswani, "Pemanfaatan Minyak Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Sebagai Bahan Baku Biodiesel Pada Variasi Suhu Transesterifikasi Dan Rasio (Metanol/Minyak) Pada Waktu 120 Menit." *Jurnal Kimia Dasar Univ. Negeri Yogyakarta*, vol. 6, no.4, hlm. 8 2017.
- [8] E. Mulyadi, "Proses Produksi Biodiesel Berbasis Biji Karet," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 5, no. 2, hlm. 5, 2011.
- [9] S. Fauzi, "Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Karet Menggunakan Reaktor Membran," *Jurnal FTEKNIK Univ. Riau*, vol. 5, no. 2, hlm. 5, 2015.

- [10] A. Wildan, "Proses Pengambilan Minyak Dari Limbah Padat Biji Karet Dengan Metode Ekstraksi Berpengaduk," *Jurnal FT Univ. Wahid Hasyim*, vol. 9, no. 1, hlm. 5, 2013.
- [11] C. U. Sitompul dan K. F. Unmul, "Sintesis Glutamida Dari Metil Ester Minyak Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Dengan Asam Glutamat," *Jurnal Kimia FMIPA Univ. Mulawarman*, hlm. 4, 2017.
- [12] SPLN 49-1, "Minyak Isolasi." Buku Penerbit Departemen Pertambangan dan Energi PLN, 1982.
- [13] Bonggas L .Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi, edisi kedua*. Buku Penerbit Erlangga, 2012.
- [14] S. Panggabean, "Pengaruh Suhu Terhadap Kekuatan Dielektrik Berbagai Minyak Isolasi Transformator (Gulf, Nynas, Shell Diala B dan Total)," *Skripsi Univ. Sumat. Utara*, 2008.
- [15] I. N. Anggraini dan M. K. A. Rosa, "Analisa Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang," *Jurnal Univ. Bengkulu*, ol. 5, no. 2, hlm. 8, 2015.
- [16] C. P. McShane, "Vegetable-Oil-Based Dielectric Coolant," *Jurnal IEEE Ind. Appl. Mag.*, Jun 2002.
- [17] *Statistik Karet Indonesia 2017*. Buku Penerbit Badan Pusat Statistik Indonesia, 2017.
- [18] Cendana Ningsih dan Sri Wahyuni, "Laporan Tugas Akhir Ekstraksi Minyak Biji Karet," *Skripsi Univ. Sebel. Maret*, 2006.
- [19] E. Lotero, Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, dan J. G. Goodwin, "Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis," *Jurnal Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 44, no. 14, hlm. 5353–5363, Jul 2015.
- [20] H. B. H. Sitorus, R. Setiabudy, S. Bismo, dan A. Beroual, "Jatropha curcas methyl ester oil obtaining as vegetable insulating oil," *Jurnal IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 23, no. 4, hlm. 2021–2028, Agu 2016.
- [21] S. Arita, R. D. Ariani, dan S. Fatimah, "Pengaruh Waktu Esterifikasi Terhadap Proses Pembentukan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Biji Karet (Rubber Seed Oil)," *Jurnal Teknik Kimia Univ. Sriwijaya*, vol. 16, no. 1, hlm. 6, 2009.
- [22] IEC 60156, "Insulating Liquids - Determination of The Breakdown Voltage at Power Frequency - Test Method." *Standar IEC*, 2018.