

## **SKRIPSI**

### **KARAKTERISTIK NANO-FLUIDA BERBASISKAN PALM OIL MILL EFFLUENT SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK ISOLATOR TRANSFORMATOR**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**DEWI AMALIA**

**03041381621069**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KARAKTERISTIK NANO-FLUIDA BERBASISKAN PALM OIL MILL EFFLUENT SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK ISOLATOR TRANSFORMATOR



## SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Oleh :

**DEWI AMALIA**

**03041381621069**

Indralaya, September 2020

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

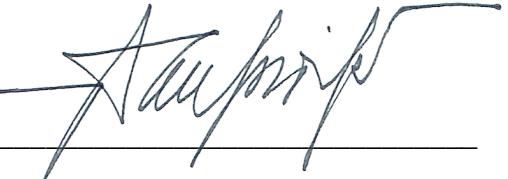
Muhs. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197108141999031005



Muhs. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP : 197108141999031005

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan

:  

Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D

Tanggal

: 21 / 09 / 2020

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Dewi Amalia  
NIM : 03041381621069  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**KARAKTERISTIK NANO-FLUIDA BERBASISKAN PALM OIL MILL  
EFFLUENT SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK ISOLATOR  
TRANSFORMATOR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya  
Pada tanggal: September 2020



Dewi Amalia

## **HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dewi Amalia  
NIM : 03041381621069  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Karakteristik Nano-fluida berbasiskan *Palm Oil Mill Effluent* sebagai Bahan Baku Minyak Isolator Transformator” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

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

Indralaya, September 2020



## **KATA PENGANTAR**

*Bissmillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat yang tiada tara serta penulis bersholawat kepada Nabi Muhammad Sholallahu 'Alaihi Wasallam atas panduan dan suri tauladan yang telah memberikan acuan kepada penulis dan ummat muslim diseluruh dunia untuk bagaiman hidup sesuai syariat islam. Selain itu penulis juga bersyukur karena berkat rahmat, karunia, dan ridho Allah Subhanahu Wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "**KARAKTERISTIK NANO-FLUIDA BERBASISKAN PALM OIL MILL EFFLUENT SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK ISOLATOR TRANSFORMATOR**" .

Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembimbing Utama sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi dan membimbing tugas akhir.
2. Ibu Herlina , S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
3. Ir. Rudyanto Thayib, M.SC. selaku Pembimbing Akademik.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.

5. Hibah konsorsium DIKTI yang telah memberikan bahan-bahan pada penelitian ini.
6. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T, M.T, Ph.D. yang telah memperbolehkan menggunakan fasilitas laboratorium.
7. Bapak Subhan selaku kepala laboratorium rekayasa proses produk industri kimia universitas sriwijaya.
8. Bapak Doso yang telah meminjamkan fasilitas pengujian tegangan tembus.
9. Bapak Abdul Hamid, bapak Susanto mbak Dian dan Segenap tim laboratorium Politeknik Akamigas Palembang.
10. Ayah saya Budrin dan Ibu Umi Sukaesih yang selalu mendidik dan membesarkan saya serta memfasilitasi sehingga saya bisa kuliah di Jurusan Teknik Elektro.
11. Adik saya Ikhwan Amalsyah selaku keluarga yang selalu mendoakan, memberikan masukan dan bantuan selama ini.
12. Kak Salam dan staff jurusan Palembang.
13. Kak Dwi selaku penulis rujukan dan senior.
14. Sahabat-sahabat yang tergabung dalam satu bimbingan.
15. Sahabat-sahabat 6pack yang selalu memberi semangat dan dukungan.
16. Sahabat-sahabat yang yang selalu mendukung dan mendoakan.
17. Teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, September 2020

## ABSTRAK

Berbagai studi dan penelitian telah banyak dilakukan untuk mencari alternatif isolasi cair. Minyak nabati dianggap paling berpotensi karena memiliki keunggulan tidak beracun, zat hasil buangan akibat reaksi berupa CO<sub>2</sub> dan air, dapat diurai kembali (*biodegradable*), *flash point* yang tinggi, memiliki karakteristik thermal yang lebih baik dan dapat diperbaharui (*renewable*). Pada penelitian ini menggunakan POME sebagai bahan baku minyak isolator dengan penambahan zat aditif berupa *nano sillica* untuk meningkatkan kualitas minyak isolasi. Untuk menentukan kelayakan minyak isolasi dilakukan pengujian karakteristik berupa Densitas, Viskositas, Kadar Air, Angka Asam, Titik Tuang, Titik Nyala dan Tegangan Tembus. Penambahan *nano sillica* mempengaruhi nilai viskositas dan angka asam pada minyak isolator. Dari hasil uji yang dilakukan diperoleh densitas terendah pada minyak murni yaitu 0,8757 g/cm<sup>3</sup>, viskositas terendah pada minyak dengan penambahan nano sillica 0,13 % yaitu 4,0248 cSt, angka asam terendah pada minyak murni yaitu 0,5797 mgKOH/g, nilai titik tuang sama pada setiap sampel, kadar air 0,05 %, titik nyala > 104 °C dan tengangan tembus 60 kV pada setiap sampel. Hal ini menunjukkan bahwa minyak isolator berbahan baku POME dapat dijadikan alternatif minyak isolasi.

Kata Kunci—POME, *Nano Sillica*, Densitas, Viskositas, Kadar Air, Angka Asam, Titik Tuang, Titik Nyala, Tegangan Tembus.

## **ABSTRACT**

*Various studies and researches have been carried out to find the alternatives of liquid insulation. Vegetable oil is considered the most potential one because it has the advantage of being non-toxic, waste products due to reactions in the form of CO<sub>2</sub> and water, biodegradable, high flash point, has better thermal characteristics and also renewable. This research uses POME as the raw material for insulating oil with the addition of an additive in the form of nano silica to improve the quality of the insulating oil. To determine the feasibility of insulating oil, characteristic tests are carried out such as the density, viscosity, moisture content, acid number, pour point, flash point and breakdown voltage. The addition of nano silica affects the viscosity and acid value of the insulating oil. From the results of the tests carried out, the lowest density in pure oil is 0.8757 g / cm<sup>3</sup>, the lowest viscosity in oil with the addition of 0.13% nano silica is 4.0248 cSt, the lowest acid number in pure oil is 0.5797 mgKOH / g , the pour point value is the same for each sample, the moisture content is 0.05%, the flash point is > 104 ° C and the breakdown voltage level is 60 kV for each sample. This shows that POME based insulating oil can be used as the alternative one of insulating oil.*

*Keywords—POME, Nano Silica, Density, Viscosity, Water content, Acid number, Pour Point, Flash point, Breakdown Voltage.*

## DAFTAR ISI

SKRIPSI .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR RUMUS .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
NOMENKLATUR .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Transformator .....	5
2.2 Dielektrik Cair .....	5
2.3 Jenis-jenis Dielektrik Cair .....	6
2.3.1 Minyak Isolasi Mineral .....	7
2.3.2 Minyak Isolasi Sintetis .....	7
2.3.3 Minyak Isolasi Nabati .....	7

2.4	karakteristik Isolasi Cair .....	10
2.4.1	Karakteristik Bersadarkan Sifat Listrik Minyak Isolasi .....	10
2.4.2	Karakteristik Bersadarkan Sifat Fisika Isolator Minyak .....	11
2.4.3	Karakteristik Bersadarkan Sifat Kimia Isolator Minyak .....	12
2.5	Teori Tagangan Tembus (Breakdown Voltage) .....	13
2.6	Teori Kegagalan Isolasi Cair .....	14
2.6.1	Teori Kegagalan Zat Murni .....	14
2.6.2	Teori Kegagalan Gelembung Udara.....	14
2.6.3	Teori Kegagalan Bola Cair .....	14
2.6.4	Teori Kegagalan Butiran Padat .....	15
2.7	Pengaruh Pemanasan Terhadap Viskositas Minyak Isolasi .....	15
2.8	Pengaruh Pemanasan Terhadap Tegangan Tembus Minyak Isolasi .....	16
2.9	Limbah Cair Kelapa Sawit .....	16
2.10	<i>Cooling Pond</i> .....	17
2.11	Proses Pembuatan Minyak Isolasi .....	18
2.12	Penambahan <i>Nano Silica</i> .....	21
2.13	Penelitian Terdahulu .....	22
BAB III.....		24
METODE PENELITIAN .....		24
3.1	Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian .....	24
3.2	Persiapan Penelitian .....	24
3.2.1	Alat dan Bahan yang Digunakan .....	26
3.3	Proses Pembuatan Minyak .....	25
3.3.1	Proses Ekstraksi.....	26
3.3.2	Destilasi .....	26
3.3.3	Pengukuran Angka Asam .....	27
3.3.4	Esterifikasi .....	28
3.3.5	Transesterifikasi .....	28
3.3.6	Pencucian Minyak .....	29
3.3.7	Pengeringan Minyak .....	28
3.3.8	Penambahan <i>Nano Silica</i> .....	30
3.3.7	Pengujian Tegangan Tembus .....	31

3.3.8 Pengujian .....	31
3.4 <i>Flow Chart</i> Penelitian .....	32
BAB IV .....	33
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1 Pendahuluan .....	33
4.2 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Densitas Minyak Isolator .....	34
4.3 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Viskositas Minyak Isolator .....	35
4.4 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Kadar Air Minyak Isolator .....	36
4.5 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Titik Nyala Minyak Isolator .....	37
4.6 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Angka Asam Minyak Isolator .....	38
4.7 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Titik Tuang Minyak Isolator .....	39
4.8 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Tegangan Tembus Minyak Isolator .....	40
BAB V .....	42
PENUTUP .....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran .....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN .....	47

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	32
Gambar 4.1 Grafik Persentasi Konsentrasi Nano Silica terhadap Densitas.....	34
Gambar 4.2 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Viskositas .....	35
Gambar 4.3 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Kadar Air.....	36
Gambar 4.4 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Titik Nyala .....	37
Gambar 4.5 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Angka Asam...	38
Gambar 4.6 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Titik Tuang.....	39
Gambar 4.7 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Tegangan Tembus.....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan dielektrik cair dan kekuatan dielektriknya .....	6
Tabel 2.2 Sifat Minyak Nabati dan Minyak Mineral sebagai Minyak Transformator .....	8
Tabel 2.3 Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Standar IEC 6029 .....	9
Tabel 2.4 Karakteristik dan standar metode pengujian minyak isolasi baru.....	10
Tabel 2.5 Kualitas Limbah Cair yang Dihasilkan oleh PKS secara Umum.....	17
Tabel 2.6 Karakteristik N-Hexan.....	18
Tabel 2.7 Sifat Kimia KOH.....	19
Tabel 2.8 Sifat Fisika <i>Silica</i> .....	22
Tabel 2.9 Sifat Listrik dari <i>Silica</i> .....	22
Tabel 2.10 Data Penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan topik riset yang dilakukan .....	23
Tabel 3.1 Alat yang digunakan untuk membuat minyak isolasi .....	24
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan untuk membuat minyak isolasi .....	24
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Keseluruhan Karakteristik Minyak Isolator Berbahan Baku POME .....	33

**DAFTAR RUMUS**

Rumus 2.1.....	19
----------------	----

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 .....	48
Lampiran 2 .....	53
Lampiran.3 .....	54
Lampiran 4 .....	56
Lampiran 5 .....	57
Lampiran 6 .....	58
Lampiran 7 .....	60

## NOMENKLATUR

POME : *Palm oil mill effluent*

CPO : *Crude Palm Oil*

VCO : *Virgin Coconut Oil*

- *Palm oil mill effluent* : Limbah cair produksi minyak kelapa sawit
- *Crude Palm Oil* : Minyak kelapa sawit
- *Nano-fluida* : Minyak dengan penambahan *nano sillica*
- *nano sillica* : Zat aditif yang berfungsi mengikat air di dalam minyak
- *biodegradable* : Dapat diurai kembali
- *renewable* : Dapat diperbaharui
- *silica treated by saline* : *nano sillica* yang telah di treatmen agar dapat larut pada minyak
- *Discharge* : Pelepasan muatan
- *Polynuclear aromatics* : Pencemaran bau
- *Vegetable Oil* : Minyak nabati
- *Mineral Oil* : Minyak mineral
- *Viscosity* : Viskositas atau Kekentalan Minyak
- *Pour Point* : Titik Tuang
- *Flash Point* : Titik Nyala
- *Acidity* : Keasaman
- *Breakdown Voltage* : Tegangan tembus

- *Resistivity* : Tahanan jenis
- *Gas Content* : Kandungan Gas
- *Water Content* : Kandungan Air
- *Appearance* : Kejernihan
- *elektron avalanche* : Banjiran elektron
- *cooling pond* : Salah satu kolam limbah
- *Chemical Property* : Kandungan kimia

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Salah satu peralatan penting yang sangat berpengaruh terhadap sistem kelistrikan terutama pada sistem transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik adalah transformator. Ia adalah mesin listrik statis yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dengan frekuensi kerja yang sama. Transformator bekerja sesuai dengan prinsip induksi elektromagnetik. Bagian-bagian penting transformator tersusun atas sebuah inti berupa besi berlapis, kumparan primer dan sekunder, dan isolasi. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keandalan transformator adalah sistem isolasinya [1].

Isolasi pada transformator terdiri dari isolasi padat dan cair. Isolasi padat diletakkan pada konduktor kumparan, berupa mika dan kertas. Isolasi padat digunakan untuk melindungi belitan agar tidak terjadi *flashover* terhadap belitan lainnya. Isolasi cair berupa minyak difungsikan sebagai pemisah antar konduktor bertegangan. Ia juga digunakan sebagai pendingin apabila transformator mengalami panas berlebih. Minyak isolasi mendinginkan dengan cara mendistribusikan panas ke sirip-sirip transformator. Minyak isolasi juga dapat pemadamkan busur api jika terjadi percikan di dalam belitan transformator [1][2]. Minyak yang paling banyak digunakan sebagai isolasi cair adalah minyak mineral yang berasal dari minyak bumi. Minyak mineral memiliki tingkat perpindahan panas yang baik dan dapat memperbaiki sifatnya setelah terjadinya *breakdown* [2].

Minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui menjadikan alternatif minyak isolasi sangat dibutuhkan. Penggunaan minyak isolasi alternatif sangat diperlukan untuk mengurangi penggunaan minyak mineral [3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan minyak mineral adalah dengan

menemukan alternatif isolasi cair lain salah satunya menggunakan minyak nabati. Minyak nabati yang banyak diteliti untuk menjadi alternatif isolasi cair yaitu minyak kelapa murni (VCO), minyak kelapa sawit (CPO), RBDPO, minyak jarak, dan minyak jagung (*Oleum Maydis*). Keunggulan minyak nabati dibandingkan minyak mineral adalah minyak nabati tidak beracun, zat hasil buangan akibat reaksi berupa  $\text{CO}_2$  dan air, dapat diurai kembali (*biodegradable*), *flash point* yang tinggi, memiliki karakteristik thermal yang lebih baik dan dapat diperbaharui (*renewable*) [4].

## 1.2 Perumusan Masalah

Proses pembuatan CPO bersekala besar di Indonesia menghasilkan produk buang berupa limbah berbentuk fasa padat dan cair. Limbah cair CPO berupa POME (Palm Oil Mill Effluent). Jika pembuangan POME langsung kelingkungan akan mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa bau yang tidak sedap, kekeruhan air, menghambat pertumbuhan tanaman dan pencemaran udara oleh gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terbentuk [5].

Berdasarkan hasil riset Dwi Sinhya Kusumawardani [6] pada penelitiannya dengan menggunakan bahan baku POME pada 2019, pengolahan POME dengan menggunakan katalis NaOH dan KOH menghasilkan minyak yang memenuhi beberapa karakteristik minyak isolasi. Dan dengan penambahan *silica treated by saline* minyak isolasi menghasilkan angka asam dan kadar air yang mencapai standar serta kenaikan tegangan tembus.

Penelitian berkaitan POME sebagai material isolasi minyak dan variasi penambahan jumlah *silica treated by saline* belum dilakukan secara lebih lengkap. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penambahan variasi jumlah *silica treated by saline* dan tambahan pengujian karakteristik minyak isolasi.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan alternatif isolator cair berbahan baku POME
2. Untuk mengamati pengaruh penambahan *nano silica* yang dicampur ke dalam minyak berbahan baku POME terhadap karakteristik minyak isolasi cair.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Penggunaan larutan N-Hexan untuk proses ekstraksi minyak berbahan baku POME. Volume campuran POME dan pelarut yaitu 1000 ml dengan perbandingan 1:1 dengan waktu ekstraksi selama 3 hari.
2. Melakukan esterifikasi dengan bantuan katalis HCl 1,5 % dari volume minyak bertujuan menurunkan asam lemak pada minyak berbahan baku POME.
3. Melakukan transesterifikasi untuk membuat minyak berbahan baku POME agar menjadi bioisolator.
4. Menambahkan *silica treated by saline* pada minyak.
5. Melakukan pengujian karekteristik minyak isolator berupa densitas, viskositas, kadar air dalam minyak, kadar asam dalam minyak, titik nyala, titik tuang, tegangan tembus dan faktor kebocoran dielektrik.
6. Tidak membahas lebih detail mengenai kandungan POME.
7. Tidak membahas sisi ekonomis pembuatan minyak dari limbah cair kelapa sawit.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada skripsi ini dimaksudkan agar penulisan skripsi lebih terarah dan sistematis. Skripsi ini terdiri dari lima bab. Sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan penjelasan teori dasar yang berkaitan dengan topik penelitian yaitu karakteristik minyak isolasi, Teori tegangan tembus, dielektrik, katalis, POME dan proses-proses kimia.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan penjelasan metode penelitian berupa tempat, waktu, alat dan bahan, Proses pembuatan minyak isolator, proses pengujian minyak isolator dan *flowchart* penelitian.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan data hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

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

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. T. Kurrahman, S. Abduh, J. Teknik, E. Fakultas, T. Industri, and U. Trisakti, “Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya,” *JETRI*, vol. 13, pp. 11–28, 2016.
- [2] F. Marlia, “Effect of Surfactant on Breakdown Strength and Thermal Conductivity of Transformer Oil Nanofluids,” vol. 16, no. June, pp. 1–37, 2017.
- [3] KESDM, “Rencana Strategis Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral 2015-2019,” *Kementeri. Energi Dan Sumber Daya Miner.*, p. 275, 2015.
- [4] M. Dhofir, N. R. Dona, U. Wibawa, and N. Hasanah, “Minyak Kelapa Beraditif Minyak Zaitun sebagai Isolasi Peralatan Tegangan Tinggi,” *Eccis*, vol. 11, no. 2, pp. 69–76, 2017.
- [5] G. Angelin, D. T. Kimia, F. Teknik, and U. S. Utara, “Pengaruh Penambahan Trace Metal ( Molybdenum & Selenium ) Terhadap Pembuatan Biogas Dari Sampah Organik Dan Kotoran Sapi the Efekt of Trace Metal ( Molybdenum & Selenium ) Addition on Biogas Production From Organic Waste and Cow Manure,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 4, pp. 15–21, 2017.
- [6] D. S. Kusumawardani, T. E. Agustina, and M. A. B. Siddik, “Utilization of Palm Oil Wastewater as Raw Material Alternative for Transformer Insulation Oil,” no. October 2019, pp. 54–58, 2020.
- [7] G. R. Paranjpe and P. Y. Deshpande, “Dielectric properties of some vegetable oils,” *Proc. Indian Acad. Sci. - Sect. A*, vol. 1, no. 12, pp. 880–886, 1935.
- [8] Y. Yantoro, “PEMELIHARAAN MINYAK TRANSFORMATOR PADA MINYAK Dilapangan dijumpai juga kasus Minyak Transformator-Minyak Transformator yang bermasalah , baik dari awal perencanaan , prosedur pemeliharaan bahkan pemeliharaan yang kurang baik sehingga kinerja Minyak Transf,” no. 71.
- [9] R. K. Putra and F. Murdiya, “Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak

- Balik Pada Minyak Jarak Pagar ( *Jatropha curcas* ) Sebagai Alternatif Isolasi Cair,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–11, 2017.
- [10] I. N. Anggraini and M. K. A. Rosa, “Analisa Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang,” *Amplifier*, vol. 5, pp. 62–69, 2015.
  - [11] T. V. Oommen, “Vegetable oils for liquid-filled transformers,” *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2002.
  - [12] H. Panjaitan and F. Murdiya, “KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS AC CAMPURAN MINYAK JAGUNG DAN MINYAK MINERAL SEBAGAI,” vol. 5, pp. 1–11, 2018.
  - [13] R. A. S, “( Soybean Oil ) Dengan Variasi Suhu Sebagai Alternatif Minyak Isolasi,” pp. 19–24.
  - [14] D. RI, “Parameter standar umum ekstrak tumbuhan obat, Jakarta: Departement Kesehatan Republik Indonesia,” *Ed. IV*, pp. 9–11, 16, 2000.
  - [15] S. F. G. Tarigan, D. C. S. Sinaga, and Z. Masyithah, “EKSTRAKSI LIKOPEN DARI BUAH TOMAT (*Lycopersicum Esculentum*) MENGGUNAKAN PELARUT TUNGGAL DENGAN METODE KRISTALISASI ANTISOLVENT,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 5, no. 2, pp. 9–14, 2016.
  - [16] K. B. A. Walangare, A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung, B. A. Sugiarso, and J. T. E. Unsrat, “Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik,” *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 2, no. 2, 2013.
  - [17] S. Rasimeng, “Satek ii satek ii 2 0 0 8 p r o s i d i n g p r o s i d i n g,” no. March, 2019.
  - [18] S. Miskah and A. Anugrah, “DAN MINYAK KELAPA SAWIT,” vol. 22, no. 2, pp. 54–61, 2016.
  - [19] Ratih, “Silika Gel Biru (Blue),” *Silika (SiO<sub>2</sub>)*, pp. 8–14, 2009.
  - [20] M. G. Danikas, “Breakdown in Nanofluids: A Short Review on Experimental Results and Related Mechanisms,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 8, no. 5, pp. 3300–3309, 2018.
  - [21] G. A. Pauzi and M. Jannah, “Analisis Pengaruh Massa Jenis terhadap

- Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Alat Ukur Massa Jenis dan Akuisisinya pada Komputer,” pp. 35–41, 2013.
- [22] A. Perguruan, T. Aperti, W. K. Wibowo, H. Nugroho, T. A. Nugroho, and N. I. Pertiwi, “Jurnal Teknologia Jurnal Teknologia,” vol. 1, no. 1, pp. 15–20, 2018.
- [23] I. Purwaningsih, “Perbandingan Kadar Bilangan Asam Minyak Goreng Sawit Curah Yang Ditambahkan Ekstrak Wortel Dengan Yang Tidak,” *Vokasi Kesehat.*, vol. 1, pp. 59–63, 2012.
- [24] Z. Azizah, R. Rasyid, and D. Kartina, “Pengaruh Pengulangan Dan Lama Penyimpanan Terhadap Ketengikan Minyak Kelapa Dengan Metode Asam Thiobarbiturat (TBA),” *J. Farm. Higea*, vol. 8, no. 2, pp. 189–200, 2016.
- [25] Y. Xue *et al.*, “The influence of polymethyl acrylate as a pour point depressant for biodiesel,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 39, no. 1, pp. 17–22, 2017.
- [26] A. S. Gianto *et al.*, “Perhitungan Penurunan Umur Transformator,” vol. 13, pp. 15–37, 2015.