

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN *FLASH POINT*, *BREAKDOWN VOLTAGE* DAN TAN DELTA  
MINYAK *POME* DICAMPUR *PALM OIL* DENGAN *WATER CONTENT*  
MELEBIHI AMBANG BATAS**



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

**Oleh :**

**NUR HABIBA**

**03041281823112**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGUJIAN *FLASH POINT, BREAKDOWN VOLTAGE* DAN TAN DELTA  
MINYAK *POME* DICAMPUR *PALM OIL* DENGAN *WATER CONTENT*  
MELEBIHI AMBANG BATAS**



**SKRIPSI**

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

Oleh :

**NUR HABIBA**

**03041281823112**

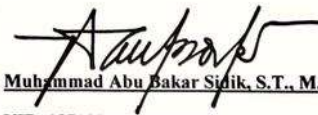
**Indralaya, 21 Juli 2023**

**Mengetahui,  
Pembimbing Utama**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

  
NIP :197108141999031005

**LEMBAR PERNYATAAN DOSEN**

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya lingkup 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. IPU

Tanggal : 21 / Juli / 2023

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Nur Habiba  
NIM : 03041281823112  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Pengujian *Flash Point, Breakdown Voltage* dan Tan Delta Minyak *POME* Dicampur *Palm Oil* dengan *Water Content* Melebihi Ambang Batas” beserta perangkat yang ada.

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Palembang  
Pada Tanggal : 21 Juli 2023  
Yang Menyatakan

Nur Habiba  
NIM. 03041281823112

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nur Habiba  
NIM : 03041281823112  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya  
Presentase plagiarism (*Turnitin*) : 18%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengujian *Flash Point, Breakdown Voltage* dan *Tan Delta Minyak POME* dicampur *Palm Oil* dengan *Water Content* Melebihi Ambang Batas” 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, 21 Juli 2023

Yang menyatakan,



Nur Habiba

NIM. 03041281823112

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah Subhaanahu Wata'ala yang telah menganugerahkan rahmat-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengujian *Flash Point, Breakdown Voltage* dan *Tan Delta Minyak POME* Dicampur *Palm Oil* dengan *Water Content* Melebihi Ambang Batas”. Skripsi ini merupakan karya ilmiah yang saya hasilkan dan tentu saja jauh dari kesempurnaan, baik penyajian, tata bahasa, maupun materi yang dibahas. Oleh sebab itu, komentar dan masukan untuk meningkatkan kualitas skripsi ini sangat diperlukan.

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., IPU selaku Pembimbing Utama sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi dan membimbing tugas akhir dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama mengenyam pendidikan di Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu serta pengalamannya selama perkuliahan.
5. Bapak Assoc. Prof. Dr. Pawenary, IPU., ASEAN Eng. selaku Wakil Rektor IV Bidang Kerjasama dan Usaha Institut Teknologi PLN, Bapak Dikky Dwi Anggara selaku Kepala Bidang Pengujian PT. PLN (Persero) Pusat Sertifikasi Duren Tiga Jakarta Selatan, dan Kak Ani selaku asisten Laboratorium Kimia PLN Pusertif.

6. Kedua orang tua saya Muchsin Harahap dan Tona Wati Siregar beserta kakak perempuan saya Almh. Misna Febriati dan adik laki-laki saya Ahmad Habibi.
7. Kak Devi selaku penulis rujukan dan senior.
8. Teman-teman yang mendukung selama perkuliahan Mia, Fadio, Muti.
9. Sahabat-sahabat saya Henny Febrianti, Salsabila, Indah Putri Permata.
10. Teman-teman satu bimbingan yaitu Indah, Mayang, Yusup, Nafis, Sadam, Sutra, Julio, Ari, Angga, kak Ari, dan kak Ilham.
11. Pihak-pihak yang telah membantu selama menyelesaikan skripsi yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Saya berdoa semoga Allah SWT memberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, 21 Juli 2023

Penulis

**ABSTRAK****PENGUJIAN *FLASH POINT*, *BREAKDOWN VOLTAGE* DAN TAN DELTA  
MINYAK *POME* DICAMPUR *PALM OIL* DENGAN *WATER CONTENT*  
MELEBIHI AMBANG BATAS**

(Nur Habiba, 03041281823112, 2023, xx + 43 halaman + lampiran)

---

Minyak isolasi berbahan nabati dapat dijadikan sebagai alternatif minyak isolasi, salah satunya limbah cair minyak kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*). Penelitian mengenai minyak POME masih sangat minim sehingga perlu dilakukan pengujian *Flash Point*, *BDV*, Tan Delta untuk mengetahui hasil uji karakteristik minyak tersebut. Hasil pengujian *Flash Point* dengan penambahan *nano silica* sebesar 0%, 0,03%, 0,08% dan 0,13% yaitu 150,1°C, 150,1°C 150,3°C dan 150,1°C. Untuk hasil uji *BDV* didapat hasil sebesar 21 kV, 25 kV, 34 kV, dan 29 kV. Hasil uji Tan Delta yaitu, 0,192, 0,268, 0,153, dan 0,111. Setelah dilakukan pengujian, hasil pengujian *Flash Point* memenuhi standar IEC 60246, pengujian *BDV* berpotensi memenuhi standar yaitu terdapat sampel yang memenuhi standar IEC 60156, serta pengujian Tan Delta/*DDF* belum memenuhi standar IEC 60247.

**Kata kunci** – *Palm Oil Mill Effluent (POME)*; *Flash Point*, *Breakdown Voltage*; Tan Delta; minyak isolasi trafo.



**ABSTRACT****FLASH POINT, BREAKDOWN VOLTAGE AND TAN DELTA TESTS OF  
POME OIL MIXED PALM OIL WITH WATER CONTENT EXCEED  
THE LIMIT**

(Nur Habiba, 03041281823112, 2023, xx + 43 pages + appendix)

---

*Vegetable-based insulating oil can be used as an alternative to insulating oil, one of which is palm oil mill effluent. Research on POME oil is still minimal, so it is necessary to carry out Flash Point, BDV, Tan Delta tests to find out the results of the oil characteristic tests. The results of the Flash Point ( $^{\circ}\text{C}$ ) test with the addition of nano silica of 0%, 0.03%, 0.08% and 0.13% were 150,1 $^{\circ}\text{C}$ , 150,1 $^{\circ}\text{C}$ , 150,3 $^{\circ}\text{C}$  and 150,1 $^{\circ}\text{C}$ . For the BDV test results, 21 kV, 25 kV, 34 kV, and 29 kV. The Tan Delta test results were 0.192, 0.268, 0.153 and 0.111. After testing, the results of the Flash Point test met the IEC 60246 standard, the BDV test had the potential to meet the standard, namely there were samples that met the IEC 60156 standard, and the Tan Delta/DDF test did not meet the IEC 60247 standard.*

**Keywords** – *Palm Oil Mill Effluent (POME); Flash Point; Breakdown Voltage; Tan Delta; transformer insulation oil.*

## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ISTILAH .....	xvi
NOMENKLATUR.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.5 Hipotesis Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Transformator .....	6
2.2 Sifat-Sifat Listrik Bahan Dielektrik.....	8
2.3 Dielektrik Cair .....	8
2.4 Karakteristik Isolasi Cair .....	14
2.5 Rugi-Rugi Dielektrik ( $\tan \delta$ ).....	19

2.6 Tegangan Tembus ( <i>Breakdown Voltage</i> ) .....	20
2.7 Penelitian Terdahulu .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	25
3.2 Waktu Penelitian.....	25
3.3 Alat dan Bahan.....	25
3.4 Metode Penelitian .....	26
3.5 Pengujian Tan Delta.....	27
3.6 Pengujian Breakdown Voltage .....	28
3.7 Pengujian <i>Flash Point</i> .....	29
3.8 Pengujian Water Content .....	29
3.9 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>32</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	32
4.2 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap <i>Water Content</i> .....	34
4.3 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap <i>Flash Point</i> .....	35
4.4 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Breakdown Voltage.....	36
4.5 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Tan Delta / <i>Dielectric Dissipation Factor</i> .....	38
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Struktur Hidrokarbon pada Minyak Mineral.....	11
Gambar 2.2 Rangkaian Ekvivalen Isolasi dan Diagram Phasor Arus.....	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	31
Gambar 4.1 Grafik Persentase Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap <i>Water Content</i> 34	
Gambar 4.2 Grafik Persentase Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap <i>Flash Point</i> ....	35
Gambar 4.3 Grafik Persentase Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap <i>Breakdown Voltage</i> .....	37
Gambar 4.4 Grafik Persentase Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Tan Delta / DDF .....	38

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Karakteristik Isolasi Cair Beberapa Jenis Minyak.....	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Minyak Isolasi Baru .....	14
Tabel 2.3 Karakteristik dan Standar Metode Pengujian Minyak Isolasi Baru.....	15
Tabel 2.4 Data Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 4.1 Tabel Nilai <i>Water Content</i> .....	32
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Karakteristik Minyak.....	33
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pengujian <i>Breakdown Voltage</i> .....	36

## DAFTAR RUMUS

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

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Proses Pencampuran Minyak
- Lampiran 2. Perhitungan Kadar *Nano Silica* yang Terlarut dalam Sampel Uji
- Lampiran 3. Alat Uji Pusat Pelatihan dan Sertifikasi PLN Duren Tiga
- Lampiran 4. Sertifikat Akreditasi PT PLN (Persero) Pusat Sertifikasi

## DAFTAR ISTILAH

<i>Breakdown Voltage (BDV)</i>	:	suatu peristiwa apabila medan magnet dinaikkan (tegangan terus-menerus dinaikkan), atom-atom akan terionisasi dan sampai batas kemampuan isolator tersebut menahan tegangan maka isolator tersebut akan berubah menjadi konduktor
<i>Crude Palm Oil (CPO)</i>	:	minyak nabati berwarna jingga kemerah-merahan yang diperoleh dari proses pengempasan (ekstraksi) daging buah tanaman <i>Elaeis guineensis</i>
<i>Dielectric Dissipation Factor</i>	:	nama lain dari Tan Delta
Ekstrapolasi	:	perluasan data di luar data yang tersedia, tetapi tetap mengikuti pola kecenderungan data yang tersedia
<i>Flash Point</i>	:	suhu terendah suatu bahan yang mengeluarkan uap/gas, akan menyala dan terbakar sekejap bila dikenai sumber panas atau pilot <i>flame</i>



- Minyak Isolasi : berfungsi untuk mendinginkan gulungan primer dan sekunder kawat yang ada di transformator dan juga berfungsi untuk mengisolasi keterikatan antara gulungan primer dan sekunder dan juga antara tubuh trafo
- Minyak Nabati : minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan
- Nano Silica* : salah satu material berukuran nano yang paling populer untuk diproduksi dalam skala industri karena kegunaannya sebagai aditif untuk kosmetik, obat-obatan, percetakan, bahan konstruksi, biomedis, dan bioteknologi
- Palm Oil* : minyak hasil olahan dari *Crude Palm Oil* (*CPO*) yang melalui proses *refinery* dan fraksinasi
- Palm Oil Mill Effluent (POME)* : minyak isolasi nabati yang berbahan dasar limbah cair kelapa sawit
- Tan Delta : salah satu metode pengujian untuk mengetahui kondisi isolasi transformator

Transformator	:	peralatan listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan besaran listrik ke besaran listrik lainnya
<i>Virgin Coconut Oil (VCO)</i>	:	minyak kelapa yang diproses tanpa pemanasan, sehingga tidak merubah komposisi atau karakteristik minyak

**NOMENKLATUR**

$\delta$	:	huruf keempat dalam abjad Yunani, dalam bahasa Yunani Klasik melambangkan fonem
%	:	nama lain suatu pecahan per seratus
$^{\circ}\text{C}$	:	derajat Celcius
cSt	:	satuan ukuran viskositas kinematik suatu fluida yang diukur melalui tabung kapiler
$\text{g}/\text{cm}^3$	:	satuan massa jenis dalam sistem CGS yang umum digunakan dalam bidang kimia, didefinisikan sebagai massa dalam satuan gram yang dibagi oleh volume dalam satuan sentimeter kubik
gr	:	satuan dasar massa (berat)
IEC	:	IEC ( <i>International Electronic Commision</i> ), yaitu sebuah badan penetap standar yang fungsinya mirip dengan IEEE, yaitu menstandarisasikan peralatan elektronik

ISO	:	badan standar internasional yang terdiri dari wakil-wakil dari badan standardisasi nasional setiap negara
kV	:	singkatan dari kilovolt
mg/kg	:	miligram per kilogram
mgKOH/g	:	satuan angka keasaman
ml	:	satuan ukuran isi 0,001 liter
ppm	:	satuan konsentrasi larutan ( <i>parts per million</i> ) yang berarti “bagian per sejuta”
V	:	satuan potensial listrik yang diperlukan untuk mengalirkan satu ampere arus listrik melalui rintangan satu ohm

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses isolasi sangat penting dalam sistem tegangan tinggi. Tujuannya adalah untuk menciptakan penghalang antara konduktor yang membawa potensi listrik yang berbeda, secara efektif meminimalkan risiko percikan api. Berbagai bahan-bahan termasuk padatan, cairan, gas, dan udara, dapat digunakan sebagai media isolasi.

Sistem isolasi cair dalam sistem tegangan tinggi berkaitan dengan isolasi cair yang digunakan dalam transformator. Minyak isolasi trafo adalah zat yang mengisolasi dan digunakan dalam trafo. Minyak transformator dapat bersumber dari dua kategori bahan yang berbeda, khususnya minyak bumi dan minyak nabati (nabati).

Ketersediaan minyak bumi sebagai bahan olahan pembuatan minyak isolasi trafo semakin menurun. Menurut Menteri ESDM Asrian Tasrif, cadangan minyak bumi diperkirakan akan habis dalam 9,5 tahun [1]. Sehingga, minyak isolasi berbahan nabati dapat menjadi alternatif minyak isolasi, salah satunya limbah cair minyak kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) [2].

Limbah minyak kelapa sawit setelah dilakukan penelitian diharapkan mampu untuk memenuhi kriteria sebagai alternatif minyak isolasi trafo, yakni harus memenuhi sifat isolasi yang tinggi, menjadi bahan penyalur panas yang baik, mempunyai titik nyala tinggi, angka asam yang rendah dan titik tuang minyak isolatir.

Penelitian yang akan dilakukan merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya oleh Devi Novita Sari yaitu tentang “Pengujian Karakteristik Elektrik Minyak Bioisolator Berbahan Dasar *Palm Oil Mill Effluent*” [3] dengan parameter pengujiannya menambah variasi jumlah *silica treated by saline*. Hasil penelitiannya masih ada beberapa parameter yang belum memenuhi spesifikasi minyak trafo sesuai dengan IEC 60296-2003. Beberapa parameter tersebut yaitu Pengujian *Flash Point* dan *Water Content*. Kemudian ditambah dengan beberapa parameter lain yang belum dilakukan, yaitu *Breakdown Voltage Test* dan Tan Delta.

## 1.2 Perumusan Masalah

Produksi minyak kelapa sawit mentah (*CPO*) Indonesia mencapai 46,88 juta ton, menjadikannya negara terbesar di pasar minyak sawit global. Minyak kelapa sawit cocok untuk diteliti dan dikembangkan lebih lanjut sebagai minyak isolasi karena dapat diakses, *biodegradable*, dan lebih murah daripada jenis minyak nabati lainnya.

Menurut penelitian sebelumnya [3], minyak kelapa sawit yang dibuat dengan POME memiliki sifat elektrik yang memungkinkannya memenuhi beberapa persyaratan minyak isolasi. Setelah itu, *nano silica* yang ditambahkan menunjukkan hasil yang mengalami pengaruh pada pengujian tegangan tembus, titik nyala, densitas, kadar air, dan viskositas. Namun, ada beberapa kriteria yang belum dipenuhi, seperti kadar asam akibat penyimpanan yang terlalu lama dan titik nyala minyak. Untuk mendapatkan minyak isolasi berbasis minyak kelapa sawit yang ramah lingkungan, maka minyak POME ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yaitu Pengujian *Flash Point*, *Breakdown Voltage* dan Tan Delta.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil pengujian minyak POME dicampur dengan *Palm Oil* dengan pengaruh *water content* melebihi batas serta mendapatkan hasil kelayakan minyak sesuai dengan standar IEC yang berlaku.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun beberapa ruang lingkup penelitian meliputi :

1. Sampel yang akan digunakan ialah Limbah Minyak Kelapa Sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) dan *Palm Oil*.
2. Pengujian menggunakan variasi penambahan *Silica Treated by Saline*.
3. Penekanan materi pembahasan adalah menguji *Flash Point*, *Breakdown Voltage*, serta Tan Delta.
4. Tidak membahas lebih lanjut mengenai kandungan limbah cair kelapa sawit dan reaksi kimia yang terjadi pada minyak isolasi.

## 1.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan studi dan tinjauan pustaka dari beberapa referensi hasil penelitian, didapatkan hasil bahwa minyak nabati khususnya minyak limbah kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*) dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak isolasi.

Devi Novita Sari et al [3] dengan memanfaatkan *POME* sebagai bahan baku minyak isolasi cair. Variasi dari penelitian ini adalah katalis yang digunakan pada saat proses pembuatan minyak yaitu berupa *nano silica*.

Berdasarkan teori dari penelitian-penelitian sebelumnya, penggunaan *nano silica* pada minyak isolasi menghasilkan minyak isolasi dengan tiga karakteristik yang memenuhi standar, yaitu densitas, titik tuang, viskositas serta terdapat hasil uji karakteristik yang berpotensi memenuhi spesifikasi minyak isolasi, yaitu titik nyala (*flash point*).

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada proyek tugas akhir ini sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan, tujuan, hipotesis atau dugaan sementara, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**



Pada bab ini terdapat pembahasan mengenai teori-teori yang menggambarkan atau menjelaskan mengenai transformator, isolasi cair, jenis-jenis minyak, karakteristik serta spesifikasi dari minyak isolasi dan penelitian terdahulu.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini akan dijelaskan mengenai tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan, prosedur pengujian *Flash Point*, *Breakdown Voltage*, dan Tan Delta serta diagram alir penelitian.

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

Bab ini menjelaskan hasil dari penelitian yang dianalisis dengan teori-teori pada tinjauan pustaka.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran yang berguna untuk penelitian berikutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Ramly, “Cadangan Minyak Terus Menipis, ini Langkah yang Dilakukan Pemerintah,” KOMPAS.com, 2021. <https://money.kompas.com/read/2021/01/19/201300526/cadangan-minyak-terus-menipis-ini-langkah-yang-dilakukan-pemerintah->.
- [2] S. Mt, Haryono & Sirojudin, Solihudin & Ernawati, Evy & Pramana, “Limbah Cair Industri Minyak Goreng Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel,” EduChemia (Jurnal Kim. dan Pendidikan), vol. 4, p. 34, 2019, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/337330014\\_Limbah\\_Cair\\_Industri\\_Minyak\\_Goreng\\_Sawit\\_sebagai\\_Bahan\\_Baku\\_Pembuatan\\_Biodiesel](https://www.researchgate.net/publication/337330014_Limbah_Cair_Industri_Minyak_Goreng_Sawit_sebagai_Bahan_Baku_Pembuatan_Biodiesel).
- [3] D. Novita Sari and S. MAB, “Pengujian Karakteristik Elektrik Minyak Bioisolator Berbahan Dasar Palm Oil Mill Effluent,” Sriwijaya, 2021.
- [4] Vika Azkiya Dihni, “Gapki: Produksi CPO Turun 0,31% pada 2021, Ini Faktornya,” 2021. [https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/03/gapki-produksi-cpo-turun-031-pada-2021-ini-faktornya#:~:text=Gabungan Penguji saha Kelapa Sawit Indonesia \(Gapki\) mencatat produksi minyak sawit, sebesar 47%2C03 juta ton](https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/03/gapki-produksi-cpo-turun-031-pada-2021-ini-faktornya#:~:text=Gabungan%20Penguji%20Pembuatan%20Biodiesel).
- [5] W. A. P, A. Syakur, and Yuningtyastuti, “Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang.”
- [6] Midel, “Midel-eN-1204-Natural Ester Transformer Fluid, Technical Information,” Midel En 1204, 2018. <https://www.midel.com/app/%0Auploads/2018/05/midel-en-1204-product-brochure.pdf>.

- [7] Midel, "Midel-7131-Synthetic Ester Transformer Fluid, Technical Information," Midel 7131, 2018. <https://www.midel.com/app/uploads/2018/05/MIDEL-7131-Product-Brochure.pdf>.
- [8] T. V. Ommen, "Vegetable Oils For Liquid-Filled Transformers," IEEE Elec. Insul. Mag., vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2002.
- [9] IEC 156 International Standard., "Insulating Liquids – Determination of the Breakdown Voltage at Power Frequency - Test Method," vol. Second Edition, 1995.
- [10] T. Bagheri, M.; Phung, B.T.; Blackburn, "Influence of moisture content variation on Frequency Response Analysis of transformer winding," Proc. EIC 2014 32nd Electr. Insul. Conf. Philadelphia, PA, USA, vol. 21, pp. 333–337, 2014.
- [11] M. A. Ansari, D. Martin, and T. K. Saha, "Investigation of Distributed Moisture and Temperature Measurements in Transformers Using Fiber Optics Sensors," IEEE Trans. Power Deliv., vol. 34, no. 4, pp. 1776–1784, Aug. 2019, doi: 10.1109/TPWRD.2019.2924271.
- [12] M. R. Mexsy Regatra, Usman A. Gani, "Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Transformator," Jur. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Tanjungpura Pontianak, 2020.
- [13] H. Sayogi, "Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda Pada Jarum – Bidang," 2011.
- [14] B. B. and F. F. A., "Analisa Minyak Transformator Pada Transformator Tiga Fasa Di PT X," J. Tek. Elektro, vol. 7, p. 2.
- [15] N. Yunaldi, "Analisis Pengujian Tahanan Isolasi Traformator Daya Dengan Metode Tangen Delta di PT PLN P3B Sumatera UPT Bengkulu," Universitas Sriwijaya, 2016.
- [16] Tim Penyusun, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga, vol. 130. Jakarta: PT PLN (Persero), 2014.

- [17] S. N. Singgih and H. Berahim, "Analisis Pengaruh Keadaan Suhu Terhadap Tegangan Tembus Ac dan Dc Pada Minyak Transformator," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 93–99, 2009.
- [18] J. Kamilatin and I. Made Ari Nrartha, "Uji Kelayakan Minyak Biji Ketapang Sebagai Bahan Isolasi Cair Transformator," vol. 8, no. 1, pp. 21–30, 2021.
- [19] T. D. Christine Widyastuti, Oktaria Handayani, "Pengaruh Water Content Terhadap Tegangan Tembus," vol. 10, no. 2, pp. 129–136, 2018.
- [20] I. A. Fata, "Analisis Tahanan Isolasi Trafo Daya Berdasarkan Pengujian Tegangan Tembus Minyak, Tangen Delta, dan Rasio Pembebanan di Gardu Induk 150 KV Batang," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 5–24, 2020.
- [21] A. Ansori, N. Purwasih, H. H. Sinaga, and D. Permata, "Analisis Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak (Castor Oil) Sebagai Alternatif Isolator Minyak Transformator," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 2, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i2.2440.
- [22] D. Ariwinoto, L. M. K. Amali, A. I. Tolago, T. Elektro, and U. N. Gorontalo, "Pengaruh Viskositas dan Water Content Terhadap Breakdown Isolasi Minyak Transformator Shell Diala," vol. 11, no. November, pp. 47–52, 2022.
- [23] "Measurement of Relative Permittivity, Dielectric Dissipation Factor ( $\tan \delta$ ) and DC Resistivity," *IEC 60247*, vol. 02, 2004.
- [24] *IEC 60296, Fluids for Electrotechnical Applications Unused Mineral Insulating Oils for Transformator and Switchgear*, 60296th ed. Switzerland, 2003.
- [25] N. Andayani et al., "Analisis Water Content dan Breakdown Voltage Pada Isolasi Minyak Pendahuluan Pln Unit Pelaksana, Penyaluran dan Pengatur Beban ( UP3B ) merupakan salah satu unit operasi yang berada di bawah PLN Wilayah Kalimantan Barat."