

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN CTAB DAN
NANOPARTIKEL TITANIUM DIOXIDE TERHADAP KARAKTERISTIK
DIELEKTRIK MINYAK RBDPO OLEIN**



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

Universitas Sriwijaya

Oleh :

MUHAMMAD LUTHFI ALIF NAUFAL

03041381722109

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN CTAB DAN
NANOPARTIKEL TITANIUM DIOXIDE TERHADAP KARAKTERISTIK
DIELEKTRIK MINYAK RBDPO OLEIN**



SKRIPSI

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

Oleh :

**MUHAMMAD LUTHFI ALIF NAUFAL
03041381722109**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

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

**Indralaya, Januari 2022
Menyetujui,
Pembimbing Utama**

Ir. Ansyori, M.T.
NIP. 195708311987031001

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

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Ir. Ansyori, M.T.

Tanggal : 15 / 01 / 2022

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

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

Nama : Muhammad Luthfi Alif Naufal
NIM : 03041381722109
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:

**PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN CTAB DAN
NANOPARTIKEL TITANIUM DIOXIDE TERHADAP KARAKTERISTIK
DIELEKTRIK MINYAK RBDPO OLEIN**

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: Januari 2022



Muhammad Luthfi Alif Naufal

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Luthfi Alif Naufal
NIM : 03041381722109
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Pengaruh Penambahan Surfaktan CTAB Dan Nanopartikel *Titanium Dioxide* Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak RBDPO Olein” 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, Januari 2022



Muhammad Luthfi Alif Naufal

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya dalam memberikan penulis kesempatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir penulis yang berjudul “Pengaruh Penambahan Surfaktan CTAB Dan Nanopartikel *Titanium Dioxide* Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak RBDPO *Olein*” Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan ke Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Tugas akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas teknik, Universitas Sriwijaya. Penulisan tugas akhir ini dibuat atas dasar studi literatur, studi bimbingan dan diskusi serta pengumpulan data langsung ke lapangan.

Pada kesempatan ini penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini terwujud atas bimbingan, pengarahan dan bantuan. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu sehingga dapat menambah wawasan penulis dengan membandingkan antara teori praktek dan lapangan. Penulis berterimakasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Ansyori, M.T., selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tugas akhir yang telah memberikan arahan, saran, nasihat dan bantuan kepada penulis dari awal hingga akhir.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya sekaligus dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran dan nasihat selama proses penyelesaian tugas akhir.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.T., selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Djulil Amri, S.T., M.T., Bapak M. Irfan Jambak, S.T., M.Eng., Ph.D., dan Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan ilmu, arahan, saran dan nasihat pada penulisan skripsi ini.

5. Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran dan masukan dalam pengambilan mata kuliah.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, yang telah banyak memberikan ilmu yang inshaa Allah bermanfaat.
7. Staf jurusan Teknik Elektro Unsri Ibu Ventri, Kak Salam dan Kak Febri yang telah membantu selama waktu perkuliahan.
8. Ibu saya Trie Indriani dan Ayah saya Yannis, yang tiada henti-hentinya mendoakan dan banyak memberikan dukungan penuh selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
9. Sahabat-sahabat penulis yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, menghibur dan menemani dikala susah maupun senang.
10. Rekan-rekan seperjuangan tugas akhir Rizky Batin dan Khofifah yang selalu bersama dari awal hingga akhir penulisan tugas akhir ini.
11. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2017 Universitas Sriwijaya.
12. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan bahkan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk perbaikan Tugas Akhir ini agar lebih baik di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Indralaya, Oktober 2021

Muhammad Luthfi Alif Naufal

ABSTRAK

Pada umumnya, minyak bumi sering digunakan sebagai isolasi cair karena kinerjanya yang baik dan harganya yang relative murah. Namun minyak bumi yang memiliki sifat tidak dapat diperbarui jika digunakan terus menerus maka akan habis. Berbagai studi dan penelitian telah banyak dilakukan untuk mencari alternatif isolasi cair yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan dimana minyak nabati dianggap paling berpotensi karena memiliki keunggulan dapat diperbarui (renewable). Salah satu penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan minyak kelapa sawit RBDPO Olein. Minyak kelapa sawit RBDPO Olein dapat ditingkatkan kualitas minyak isolasinya dengan penambahan nanopartikel TiO_2 (*Titanium Dioxide*) dan surfaktan CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*). Untuk menentukan kelayakan minyak isolasi dilakukan pengujian karakteristik berupa tegangan tembus, Viskositas, Kadar Air, dan Titik Nyala pada sampel yang telah ditambahkan CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*) dengan konsentrasi 0,025%, 0,05% dan 0,075%. Dari hasil uji yang dilakukan diperoleh tegangan tembus tertinggi dengan penambahan titanium dioxide dan surfaktan CTAB pada konsentrasi 0,05% yaitu 28.2 kV. Viskositas terendah pada konsentrasi 0,025% yaitu 47.19 cSt, kadar air pada konsentrasi 0,025% - 0,05% yaitu 300 ppm dan titik nyala lebih dari > 190 °C pada konsentrasi 0,025% -0,075%.

Kata Kunci: minyak kelapa sawit RBDPO Olein, Tegangan Tembus, Viskositas, Kadar Air, Titik Nyala.

ABSTRACT

In general, petroleum is often used as a liquid insulation because of its good performance and relatively cheap price. However, petroleum which has non-renewable properties, if used continuously, will run out. Various studies and research have been carried out to find alternatives to liquid insulation that are renewable and environmentally friendly where vegetable oils are considered to have the most potential because they have the advantage of being renewable. One of the studies that has been carried out using palm oil is RBDPO Olein. Palm oil RBDPO Olein can be improved its insulating oil quality by adding TiO₂ (Titanium Dioxide) nanoparticles and CTAB (Cetyltrimethylammonium Bromide) surfactant. To determine the feasibility of the insulating oil, characteristic tests were carried out in the form of breakdown voltage, viscosity, water content, and flash point on samples that had been added with CTAB (Cetyltrimethylammonium Bromide) with concentrations of 0.025%, 0.05% and 0.075%. From the results of the tests carried out, the highest breakdown voltage was obtained with the addition of titanium dioxide and CTAB surfactant at a concentration of 0.05%, namely 28.2 kV. The lowest viscosity at a concentration of 0.025% is 47.19 cSt, water content at a concentration of 0.025% - 0.05% is 300 ppm and a flash point of more than > 190°C at a concentration of 0.025% -0.075%.

Keywords: palm oil RBDPO Olein, Breakdown Voltage, Viscosity, Water Content, Flash Point.

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Minyak Isolasi	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Jenis Minyak Isolasi.	Error! Bookmark not defined.
2.2 Dielektrik Cair	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Karakteristik Isolasi Cair	Error! Bookmark not defined.
2.3 Teori kegagalan Isolasi Cair.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Surfaktan	Error! Bookmark not defined.
2.5 Minyak kelapa sawit	Error! Bookmark not defined.
2.6 Senyawa TiO ₂ (<i>Titanium Dioxide</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.7 CTAB (<i>Cetyltrimethylammonium Bromide</i>) [19]..	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.8 Standar pengujian	Error! Bookmark not defined.
2.9 Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 3 METODOLOGI PERCOBAAN.....	Error! Bookmark not defined.

3.1	Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Alat dan Bahan yang Digunakan	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Alat yang Digunakan Dalam Meneguji Sampel....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Perancangan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Pencampuran Sample Minyak.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Pengujian Breakdown Voltage	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Pengujian Viskositas.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.4	Pengujian Kadar Air dengan Metode Gravimetri..	Error! Bookmark not defined.
3.4.5	Pengujian Titik Nyala	Error! Bookmark not defined.
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
4.2	Data Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Data Tegangan Tembus	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Data Viskositas	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Data Kadar Air	Error! Bookmark not defined.
4.2.4	Data Titik Nyala	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 PENUTUP		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		1
LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Diagram Alur Proses Pencampuran Minyak dan Nanopartikel dengan surfaktan **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1 Grafik Presentasi Konsentrasi Titanium Dioxide terhadap Tegangan Tembus Rata-Rata..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 Grafik Presentasi Konsentrasi Titanium Dioxide terhadap Tegangan Tembus Setiap Pengujian **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3 Grafik Kenaikan Tegangan Tembus Setelah Penambahan TiO_2 (*Titanium Dioxide*) tanpa surfaktan CTAB..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4 Grafik Tegangan Tembus pada Minyak Kelapa Sawit dan TiO_2 dengan dan tanpa Surfaktan CTAB . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5 Grafik Presentasi Konsentrasi Titanium Dioxide terhadap Viskositas **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Grafik Presentasi Konsentrasi Titanium Dioxide terhadap Kadar Air **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7 Grafik Presentasi Konsentrasi Titanium Dioxide terhadap Titik Nyala **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik CTAB	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Standar Minyak Isolasi IEC 60296	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Bahan yang Digunakan Dalam Membuat Sampel	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 3.2 Alat yang Digunakan Dalam Membuat Sampel ..	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 3.3 Alat yang Digunakan Dalam Meneguji Sampel ..	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Tabel 3.4 Sampel Uji Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Error! Bookmark not defined.
<u>Rumus 2.2</u>	Error! Bookmark not defined.

Lampiran

Lampiran 1 Lampiran pembuatan sample	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2 Kandungan Minyak Kelapa Sawit	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4 Pengukuran Tegangan Tembus.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5 Hasil Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6 Alat Uji.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7 Hasil Uji Parameter Viskositas, Kadar air dan Titik Nyala	Error!
	Bookmark not defined.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan majunya teknologi, listrik memiliki peran penting dalam masyarakat. Dimana teknologi dapat memudahkan aktifitas manusia baik dalam sektor industri maupun dalam kehidupan sehari-hari. Dalam suatu jaringan tenaga listrik, transformator menjadi komponen yang penting dalam mentransmisikan energi listrik dari pembangkit ke konsumen. Di dalam transformator terdapat dua atau lebih penghantar listrik yang harus dipisahkan menggunakan isolator agar tidak terjadi lompatan api yang dapat menyebabkan rusaknya transformator. Pada saat ini, transformator yang banyak digunakan dalam jaringan tenaga listrik menggunakan minyak sebagai isolator [1].

Jika dilihat dari kinerjanya yang baik serta harganya yang relative murah menyebabkan minyak bumi sering digunakan sebagai isolasi cair pada transformator [2]. Namun pada data Kementerian ESDM yang diolah oleh Setjen DEN 2019 menunjukkan kecendrungan menurun pada produksi minyak bumi di Indonesia dimana pada tahun 2009 minyak bumi yang dihasilkan Indonesia sekitar 346 juta barel atau 949 ribu bph sedangkan pada tahun 2018 indonesia menghasilkan minyak bumi lebih sedikit sekitar 283 juta barel atau 778 ribu bph [3].

Maka dari itu, minyak bumi yang tidak dapat diperbarukan harus dicari alternatifnya dimana minyak yang berpotensi sebagai isolasi cair dan memiliki sifat dapat diperbarui serta ramah lingkungan adalah minyak nabati. Jika dilihat dari ketersediaan minyak nabati di indonesia serta komposisi asam lemaknya, minyak kelapa sawit menjadi pilihan yang baik. Jika dilihat dari faktor ketersediaannya, produksi minyak kelapa sawit dunia didominasi oleh negara Indonesia dan Malaysia. Negara tersebut dapat mendominasi produksi minyak kelapa sawit karena kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang beriklim tropis [2]. Jika

dilihat dari minyak nabati beserta turunannya, minyak RBDPO Olein (*Refined Bleached and Deodorized Palm Oil*) memiliki kemampuan yang baik sebagai isolasi cair. Hal ini berdasarkan dari kandungan asam lemak *monounsaturated* pada minyak RBDPO Olein yang cukup tinggi [4].

Penambahan nanopartikel kedalam minyak memiliki tujuan untuk meningkatkan perpindahan panas dan dielektrik. Pada umumnya, penambahan nanopartikel pada minyak dapat dikaitkan dengan surfaktan, dimana surfaktan merupakan molekul organik panjang yang dapat terdispersi dalam cairan dengan konsentrasi rendah. Surfaktan memiliki kemampuan untuk menyerap permukaan serta dapat memodifikasi sifat fisik dari nanofluida tersebut [5].

Maka dari itu dalam pembahasan skripsi kali ini penulis mengangkat judul tugas akhir mengenai **“PENGARUH PENAMBAHAN SURFAKTAN CTAB DAN NANOPARTIKEL TITANIUM DIOXIDE TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK MINYAK RBDPO OLEIN”**

1.2 Perumusan Masalah

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai pengujian minyak RBDPO Olein sebagai pengganti minyak isolasi, menurut S. F. M. Nor et al. [5], ditemukan bahwa peningkatan signifikan tegangan tembus AC pada probabilitas 1% untuk RBDPO dan CO di bawah keberadaan TiO₂, dengan dan tanpa CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*).

Pada penelitian lainnya [6], Penambahan TiO₂ (*Titanium Dioxide*) pada minyak RBDPO Olein juga mempengaruhi nilai kadar air, viskositas dan titik nyala pada minyak dimana terjadi penurunan nilai kadar air, titik nyala serta meningkatnya nilai viskositas.

Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan tembus pada nanofluida minyak RBDPO Olein dan nanopartikel TiO₂ (*Titanium Dioxide*) yang telah ditambahkan surfaktan CTAB (*Cetyltrimethylammonium*

Bromide) yang dilakukan sesuai standar IEC, serta dilakukan juga penelitian viskositas, kadar air dan titik nyala.

1.3 Tujuan Penelitian

Yang menjadi tujuan dari penulisan ini, yaitu :

1. Mengamati pengaruh penambahan surfaktan CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*) dan TiO_2 (*Titanium Dioxide*) terhadap nilai tegangan tembus minyak RBDPO Olein.
2. Mengamati pengaruh penambahan surfaktan CTAB (*Cetyltrimethylammonium Bromide*) dan nanopartikel TiO_2 (*Titanium Dioxide*) terhadap nilai viskositas, titik nyala dan kadar air pada minyak RBDPO Olein.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibuat oleh penulis adalah

1. Sampel yang digunakan yaitu minyak RBDPO Olein.
2. Konsentrasi nanopartikel TiO_2 (*Titanium Dioxide*) yang dicampurkan ke minyak yaitu 0%; 0,025%; 0,05%; dan 0,075% berdasarkan minyak yang digunakan untuk membuat sampel.
3. Konsentrasi surfaktan yang ditambahkan ke campuran minyak kelapa sawit RBDPO Olein dengan TiO_2 (*Titanium Dioxide*) yaitu 50% dari nanopartikel yang ditambahkan pada sampel minyak RBDPO Olein.
4. Kelembapan kotak diabaikan.
5. Terdapat 4 pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu tegangan tembus, viskositas, kadar air dan titik nyala.
6. Pengujian tegangan tembus menggunakan megger OTS yang sesuai dengan standar IEC 60156.

7. Pengujian titik nyala menggunakan *Heather Flash Point* yang sesuai dengan standar ASTM D-93.
8. Pengujian viskositas menggunakan *viscometer bath* yang sesuai dengan standar ASTM D-445.
9. Pengujian kadar air menggunakan metode ASTM D-6043 di 105° C.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan dan manfaat penulisan, serta sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjabarkan mengenai teori-teori dasar yang mendukung dan menunjang penelitian ini.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan membahas tentang prosedur penelitian seperti pembuatan dan pengujian sampel serta metode penelitian yang digunakan dalam pengumpulan data.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang analisa data yang telah didapatkan dari hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Setiawan and F. Murdiya, "Perancangan Alat dan Pengujian Tegangan Tembus dengan Minyak Isolasi RBDPO Olein Menggunakan Elektroda Bola-Bola," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–14, 2017.
- [2] A. Rajab, "Evaluasi Sifat Listrik Minyak Kelapa Sawit Rbdpo Olein Sebagai Kandidat Minyak Isolasi Transformator Ramah Lingkungan," *TeknikA*, vol. 1, no. 28, pp. 26–29, 2007.
- [3] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Outlook 2019," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [4] P. Boss and T. V. Oommen, "New insulating fluids for transformers based on biodegradable high oleic vegetable oil and ester fluid," *IEE Colloq.*, no. 119, pp. 39–48, 1999, doi: 10.1049/ic:19990669.
- [5] S. F. M. Nor, N. Azis, J. Jasni, M. Z. A. Ab Kadir, R. Yunus, and Z. Yaakub, "Investigation on the electrical properties of palm oil and coconut oil based TiO₂ nanofluids," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 24, no. 6, pp. 3432–3442, 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006295.
- [6] R. Sammy, "Pengaruh Penambahan Nanopartikel Tio₂ Terhadap Nilai Tegangan Tembus Minyak Rbdpo Olein Menggunakan Elektroda Bola-Bola," Universitas Sriwijaya, 2019.
- [7] M. T. P. Sibarani and Politeknik, "Pengujian Tegangan Tembus Bolak-Balik Minyak Goreng Berbagai Merk dengan Menggunakan Variasi Bentuk Elektroda," *J. Inovtek Polbeng*, vol. 8, no. 2, pp. 272–278, 2018.
- [8] I. N. Anggraini and M. K. A. Rosa, "Analisa Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang," *Amplifier*, vol. 5, pp. 62–69, 2015.
- [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] S. Panggabean, "Berbagai Minyak Isolasi Transformator : Program Pendidikan Sarjana Ekstensi (Gulf , Nynas , Shell Diala B dan Total)," *skripsi Fak. Tek. elektro, Univ USU*, 2008.
- [11] W. Y. Kunto Wibowo and A. Syakur, "Analisis karakteristik breakdown voltage pada dielektrik minyak shell diala b pada suhu 30 0 C-130 0 C," *Dipenogoro Univ.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2011.
- [12] Rahmawati and Raharjo, "Evaluasi Kandungan Gas (DGA) Dengan Metode Kromatografi Gas Terhadap Nilai Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator.," *Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, 2014.
- [13] A. Syamsir, *Teori Kegagalan Isolasi*. universitas trisakti, 2003.
- [14] N. A. Mohamad, N. Azis, J. Jasni, M. Z. A. Mohd Zainal, R. Yunus, and Z. Yaakub, "Effect of surfactants on the lightning breakdown voltage of palm oil and coconut oil based Al₂O₃nanofluids," *Nanotechnology*, vol. 31, no. 42, 2020, doi: 10.1088/1361-6528/aba1b9.
- [15] N. Pasaribu, "Minyak Buah Kelapa Sawit," *e-USU Repos.*, pp. 1–8, 2004.
- [16] A. F. FAZRI, "Kajian Sifat Listrik Membran Polisulfon yang Didadah Kajian Sifat Listrik Membran Polisilfon yang Didadah Titanium Dioksida (TiO₂) dengan Metode Sonikasi," 2010.
- [17] N. Ichzan, V. Zharvan, R. Daniyati, H. Santoso, G. Yudoyono, and Darminto, "Pengaruh pH pada Pembentukan Nano-powder TiO₂ Fase Anatase dan Sifat Fotokatalisnya," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 11, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j24604682.v11i2.1056.
- [18] M. W. Lestari, "Sintesis dan Karakteristik Nanokatalis CuO/TiO₂ yang Diaplikasi pada Proses Degradasi Limbah Fenol," Universitas Negeri Malang, 2012.
- [19] N. A. Mohamad, N. Azis, and J. Jasni, "Impact of Fe₃O₄, CuO and Al₂O₃ on the AC Breakdown Voltage of Palm Oil and Coconut Oil in the Presence of CTAB," *Energies*, 2019.

- [20] S. I. S. Enanv, H. Medical, S. Ab, and S. Bertling, "International Electrotechnical Commission 60296." International Electrotechnical Commission, 2003, doi: 10.1021/es0620181.
- [21] N. A. Mohamad, N. Azis, J. Jasni, R. Yunus, M. Z. A. Ab Kadir, and Z. Yaakub, "Effects of different types of surfactants on AC breakdown voltage of refined, bleached and deodorized palm oil based CuO nanofluids," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, vol. 2018-Octob, pp. 768–771, 2018, doi: 10.1109/APPEEC.2018.8566559.
- [22] J. Fal, O. Mahian, and G. Zyla, "Nanofluids in the service of high voltage transformers: Breakdown properties of transformer oils with nanoparticles, a review," *Energies*, vol. 11, no. 11, 2018, doi: 10.3390/en1112942.
- [23] A. I. Wahyu Kunto Wibowo, and H. Nugroho, "Analisis Efek Viskositas Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator," *J. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–21, 2018.
- [24] D. yuliana Triani, "Partial Discharge Inception Voltage (Pdiv) Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Terhadap Pengaruh Penambahan Nanopartikel TiO₂," pp. 1–37, 2021.
- [25] S. Zahriyah, "Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam Minyak Jelantah Dengan Katalis TiO₂ Dan Pengaruhnya Terhadap Biodiesel Yang Dihasilkan," vol. 2, no. 5, p. 255, 2009, [Online].