SKRIPSI

PENGARUH KONTAMINAN TEMBAGA, BESI, DAN SELULOSA TERHADAP KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS MINYAK SAWIT DAN MINYAK ZAITUN

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:
ALIF AGUNG ABIYYU
NIM. 03041381823079

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2022

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PENGARUH KONTAMINAN TEMBAGA, BESI, DAN SELULOSA TERHADAP KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS MINYAK SAWIT DAN MINYAK ZAITUN

Oleh:
ALIF AGUNG ABIYYU
NIM. 03041381823079

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, Agustus 2022
Jurusan Teknik Elektro,
Ketua,

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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENGARUH KONTAMINAN TEMBAGA, BESI, DAN SELULOSA TERHADAP KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS MINYAK SAWIT DAN MINYAK ZAITUN

Oleh:
ALIF AGUNG ABIYYU
NIM. 03041381823079

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disetujui untuk diujikan guna memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro

Palembang, Agustus 2022
Dosen Pembimbing,

Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.
NIP. 195903031985031004

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama	: Alif Agung Abiyyu
Nomor Induk Mahasiswa	: 03041381823079
Fakultas	: Teknik
Jurusan/Prodi	: Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas	: Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarisme (*Turnitin*)	: 9%

Menyatakan bahwa,
Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pengaruh Kontaminan Tembaga, Besi, Dan Selulosa Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Minyak Sawit Dan Minyak Zaitun", merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya.

Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat dari karya ilmiah orang lain, maka saya akan bertanggung jawab dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

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

Palembang, Agustus 2022
Yang menyatakan,

Alif Agung Abiyyu
NIM 03041381823079

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

Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.

Tanggal : _____

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhaanahu Wata'aala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, dan atas izin dan ridha-Nya juga lah saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Kontaminan Tembaga, Besi, Dan Selulosa Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Minyak Sawit Dan Minyak Zaitun". Shalawat beriring salam senantiasa tercurahkan untuk Nabi besar Muhammad Shallallaahu 'Alaihi Wasallam yang telah membawa kedamaian dan rahmat untuk semesta alam serta menjadi suri tauladan bagi umatnya.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan akademik pada Jurusan Teknik Elektro jenjang sarjana di Universitas Sriwijaya, dan saya sebagai penulis dengan senang hati akan menerima segala bentuk saran dan masukan yang berguna untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik.

Saya sebagai penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan do'a dari awal pembuatan hingga skripsi ini dapat terselesaikan, akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna dalam pengembangan ilmu dibidang Teknik Elektro.

Palembang, Agustus 2022

Alif Agung Abiyyu
NIM. 03041381823079

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasi dan persembahkan, sebagai penghargaan, dan rasa hormat saya kepada:

- ✓ Bapak dan Ibu tercinta Drs. Satmata dan Marni Astuti S. Pd., kedua adik saya Ajeng Fathia Nurqanita dan Anindya Farisha Inara, nenek saya Hj. Salmiyati, dan juga seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan Do'a dan semangat kepada saya selama menempuh pendidikan S1 saya;
- ✓ Dosen Pembimbing, Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D.;
- ✓ Dosen penguji, yaitu Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng dan Bapak Djulil Amri, S.T., M.T.
- ✓ Prof. Dr. Ir. Anis Saggaff, MSCE Rektor Universitas Sriwijaya dan Dr.Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T Dekan Fakultas Teknik;
- ✓ Ketua Jurusan Teknik Elektro Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. dan Dosen Pembimbing Akademik Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.;
- ✓ Pranata, Senior di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Mbak Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., dan Kak Ferlian Seftianto S.T.;
- ✓ Teman-teman sejawat di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya yaitu Anisa, Salsa, Fini, Kgs Naufal, Feron, Halim, Ilham, Jihan, Alif Fathur, Razka, Hafez, dan Oky;
- ✓ Pihak-pihak yang telah membantu selama melaksanakan skripsi yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Saya berdo'a kepada Allah Subhaanahu Wata'aala memberikan pahala yang sebesar-besarnya atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, Agustus 2022

Alif Agung Abiyyu
NIM. 03041381823079

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Alif Agung Abiyyu
NIM	: 03041381823079
Jurusan	: Teknik Elektro
Fakultas	: Teknik
JenisKarya	: Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, "Pengaruh Kontaminan Tembaga, Besi, Dan Selulosa Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Minyak Sawit dan Minyak Zaitun" 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 : Agustus 2022
Yang menyatakan,

Alif Agung Abiyyu
NIM. 03041381823079

ABSTRAK

PENGARUH KONTAMINAN TEMBAGA, BESI, DAN SELULOSA TERHADAP KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS MINYAK SAWIT DAN MINYAK ZAITUN

(Alif Agung Abiyyu, 03041381823079, 2022, xx + 57 Halaman + Lampiran)

Skripsi ini mempelajari pengaruh kontaminan terhadap karakteristik tegangan tembus dua cairan dielektrik - minyak sawit dan minyak zaitun menggunakan sumber tegangan AC 220 V, 50 Hz. Cairan sampel terdiri dari berbagai kombinasi berikut: a) tiga jenis partikel (selulosa, besi dan tembaga), b) tiga konsentrasi kontaminan yaitu 0.01 wt%, 0.03 wt% dan 0.05 wt%. Eksperimen ini menggunakan sistem elektroda bola-bola Ø =13 mm dengan jarak sela antara kedua elektroda sebesar 1mm. Tegangan dinaikan menggunakan transformator step-up hingga terjadi tembus tegangan. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini menunjukkan bahwa partikel kontaminan yang ditambahkan dalam cairan dielektrik yang diuji menunjukan penurunan nilai tegangan tembus apapun jenis kontaminan yang digunakan baik itu kontaminan tembaga, kontaminan besi, maupun kontaminan selulosa, dan faktor dari penurunan nilai tegangan tembus bervariasi berdasarkan jenis partikel kontaminan, konsentrasi partikel kontaminan, dan jenis minyak yang digunakan. Dari hasil pengujian yang didapat, terlihat bahwa konsentrasi kontaminan yang lebih tinggi menghasilkan nilai tegangan tembus yang lebih rendah, dan dengan penambahan partikel tembaga memiliki efek paling signifikan dalam mengurangi nilai tegangan tembus kedua minyak tersebut.

Kata Kunci: Tegangan Tembus, Kontaminan, Minyak Sawit, Minyak Zaitun

ABSTRACT

EFFECT OF COPPER, IRON, AND CELLULOSE CONTAMINANT ON BREAKDOWN CHARACTERSITICS OF PALM OIL AND OLIVE OIL

(Alif Agung Abiyyu, 03041381823079, 2022, xx + 57 Pages + Appendices)

In this thesis the effect of several contaminant on breakdown voltage of two dielectric liquids - palm oil and olive oil was studied. The liquids in the test cell used were comprised of various combinations of the following: a) three particle types (cellulose, iron and copper), b) three contaminant concentrations i.e.0.01 wt%, 0.03 wt% and 0.05 wt%. This experiment used spherical shaped electrodes Ø =13 mm and 1mm gap between electrodes and a 220 V, 50 Hz AC voltage source. The voltage is increased using a step-up transformer until a breakdown occurs. The results obtained in this experiment showed that the presence of the added particles in the tested dielectric liquids consistently provided a reduction in breakdown voltage whether they consisted of cellulose contaminant ,iron contaminant or copper contaminant., and that the reduction factor varied according to particle type, particle concentration, and liquid type, Summarizing the test results, it was shown that higher contaminant concentration produced lower breakdown voltages, and that the addition of copper particles had the most significant effect on reducing breakdown strength of the two dielectric liquid.

Keywords: Breakdown Voltage, Contaminant, Palm Oil, Olive Oil.

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI ..... **i**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **iii**

LEMBAR PERNYATAAN ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vii**

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **viii**

ABSTRAK ..... **ix**

ABSTRACT ..... **x**

DAFTAR ISI ..... **xi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**

DAFTAR TABEL ..... **xvi**

DAFTAR RUMUS ..... **xvii**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**

NOMENKLATUR ..... **xix**

DAFTAR ISTILAH ..... **xx**

BAB I **1**

PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 4

1.4 Ruang Lingkup 4

1.5 Sistematika Penulisan 5

BAB II **7**

METODE PENELITIAN 7
2.1 Isolator 7
2.2 Dielektrik Cair 8
2.2.1 Minyak Mineral 8
2.2.2 Minyak Sintesis 9
2.2.3 Minyak Nabati 9
2.2 Minyak Zaitun 12
2.3 Minyak Sawit 13
2.4 Tembaga 16
2.5 Besi 16
2.6 Selulosa 16
2.6 Kekuatan Dielektrik 16
2.8 Tegangan Tembus *(Breakdown Voltage)* 17
2.9 Penelitian Terdahulu 24
BAB III 25
METODE PENELITIAN 25
3.1 Pendahuluan 25
3.2 Diagram Alir Penelitian Eksperimental Di Laboratorium 26
3.3 Sampel penelitian 27
3.3.1 Minyak Sawit 27
3.3.2 Minyak Zaitun 28
3.3.3 Partikel Tembaga 29
3.3.4 Partikel Besi 30
3.3.5 Partikel Selulosa 31
3.4 Peralatan Penelitian 32
3.4.1 Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik 32
3.4.2 Picoscope 32
3.4.3 Tahanan Tinggi 33

3.4.4 *Probe* Tegangan Tinggi 34
3.4.5 *Magnetic Stirrer* 34
3.4.6 Neraca Digital 35
3.4.7 *Vacuum Drying Oven* 35
3.5 Penyiapan Sampel Uji 36
3.5.1 Bahan dan Alat Pembuatan Sampel 36
3.5.2 Prosedur Pembuatan Sampel Uji 37
3.5 Sistem Elektroda 37
3.6 Rangkaian Pengujian 38
3.7 Prosedur Pengujian 40
BAB IV 41
HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Umum 41
4.2 Data Hasil Pengujian 41
4.3 Pembahasan 50
BAB V 53
KESIMPULAN 53
5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 54
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kegagalan Elektronik.....19
Gambar 2.2 Pengaruh Medan Terhadap Gelembung Udara 20
Gambar 2.3 Kegagalan (*Breakdown*) Akibat Butiran Padat 21
Gambar 2.4 Bola Cair yang Memanjang dan Memicu Kegagalan.....22
Gambar 2.5 Kegagalan Isolasi Berdasarkan Waktu Pembebanan.....22
Gambar 3.1 Diagram Alir.....26
Gambar 3.2 Minyak Sawit Dengan Merek Dagang Sunco 27
Gambar 3.3 Minyak Zaitun Dengan Merek Dagang Tempio 28
Gambar 3.4 Tembaga Nano Partikel Ukuran 0.071 mm 29
Gambar 3. 5 Besi Nano Partikel Ukuran 0.071 mm 30
Gambar 3.6 Selulosa Nano Partikel Ukuran 0.149 mm.....31
Gambar 3.7 Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik Manufaktur Musashi Electrical Instrument Works LTD 32
Gambar 3.8 *Picoscope* 4000 *Series* 33
Gambar 3.9 Tahanan Tinggi.....33
Gambar 3.10 Probe Tegangan Tinggi Tektronix P6015A 34
Gambar 3.11 MS 300 *Magnetic Stirrer* 34
Gambar 3.12 Neraca Digital KES SF-400C.....35
Gambar 3.13 B-ONE *Vacum Drying Oven*.....35
Gambar 3.14 Sistem Elektroda.....38
Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian 39
Gambar 4.1 Tegangan Tembus Minyak Sawit Yang Diberi Kontaminan Partikel Selulosa Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%.....42

Gambar 4.2 Tegangan Tembus Minyak Sawit Yang Diberi Kontaminan Partikel Besi Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%. 43
Gambar 4.3 Tegangan Tembus Minyak Sawit Yang Diberi Kontaminan Partikel Tembaga Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%. 44
Gambar 4.4 Tegangan Tembus Minyak Zaitun Yang Diberi Kontaminan Partikel Selulosa Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%. 45
Gambar 4.5 Tegangan Tembus Minyak Zaitun Yang Diberi Kontaminan Partikel Besi Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%. 46
Gambar 4.6 Tegangan Tembus Minyak Zaitun Yang Diberi Kontaminan Partikel Tembaga Dengan Konsentrasi Penambahan Sebesar 0,01 wt%, 0,03wt%, dan 0,05 wt%. 47
Gambar 4.7 Perbandingan Antara Nilai Tembus Pada Sampel Minyak Sawit Yang Diberi Penambahan Kontaminan Tembaga, Besi Dan Selulosa.....48
Gambar 4.8 Perbandingan Antara Nilai Tembus Pada Sampel Minyak Sawit Yang Diberi Penambahan Kontaminan Partikel Tembaga, Besi Dan Selulosa.....49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Isolasi Minyak IEC 60422-2013[10] 11
Tabel 2. 2 Standar Isolasi Minyak SPLN 49-1: 1982 [9] 11
Tabel 2. 3 Karakteristik Dielektrik Minyak Zaitun[12] 13
Tabel 2. 4 Penelitian Tentang Efek Kontaminan Terhadap Nilai Tegangan Tembus Terhadap Suatu Sistem Isolasi. 24
Tabel 3. 1 Informasi kandungan Minyak Sawit 27
Tabel 3. 2 Informasi kandungan Minyak Zaitun 28
Tabel 3. 3 Karakteristik Tembaga 29
Tabel 3. 4 Karakteristik Besi 30
Tabel 3. 5 Karakteristik Selulosa 31

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Kuat Medan Listrik.....17
Rumus 2.2 Medan Listrik Dalam Gelembung Udara.....20
Rumus 2.3 Kegagalan (Breakdown) Akibat Butiran Padat.....21
Rumus 2.4 Tegangan Tembus Isolasi Cairan Berdasarkan Jarak Sela.....22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian

Lampiran 3 Rekaman Hasil Gelombang Sinusoidal Menggunakan Aplikasi *Picoscope*

Lampiran 4 Plagiarisme *Turnitin*

NOMENKLATUR

E : Kuat medan listrik yang mampu ditahan material isolasi (kV/mm)

V : Tegangan maksimum yang tercatat alat ukur (kV)

Ø : Diamater

d : Jarak sela udara

C : Kapasitansi

E_b : Medan listrik dalam gelembung udara

E_0 : Medan listrik dalam media cair tanpa gelembung

ε_1 : permitivitas media isolasi cair

A : Luas permukaan elektroda

DAFTAR ISTILAH

Breakdown Voltage	: Tegangan Tembus
Flash Point	: Titik Nyala
Gap	: Jarak Celah
Grounding	: Pentanahan
Partial Discharge	: Peluahan Sebagian
Pour Point	: Titik Tuang
Risetime	: Waktu Kenaikan
Palm Oil	: Minyak Sawit
Olive Oil	: Minyak Zaitun
Coil	: Lilitan Transformator
Toxic	: Beracun
Coil	: Lilitan Transformator
Weakest Link	: Jembatan Antar Elektroda
Short Circuit	: Hubung Singkat

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik dimulai dari pembangkitan, transmisi, hingga distribusi ke konsumen. Transformator merupakan salah satu peralatan dari sistem tenaga listrik yang memiliki peran penting di dalam pendistribusian energi listrik. Transformator memiliki fungsi untuk menaikan dan menurunkan tegangan listrik pada sistem tenaga. Untuk menjaga agar transformator bekerja dengan baik maka diperlukan minyak transformator yang berfungsi sebagai isolasi dan pendingin dengan kualitas yang baik. Isolasi yang digunakan pada transformator adalah isolasi minyak dan isolasi kertas. Isolasi minyak yang biasa digunakan pada transformator adalah minyak mineral (*Mineral Oil*) akan tetapi, ketersediaan mineral yang berbasis minyak bumi terus berkurang, tidak ramah lingkungan karena sulit terurai dan juga mudah terbakar. Salah satu alternatif minyak isolasi transformator adalah minyak nabati. Minyak nabati merupakan material isolasi cair yang berasal dari tumbuhan yang dapat terdegradasi, ramah lingkungan, tidak beracun, dan dapat diperbaharui.

Minyak sawit merupakan salah satu alternatif minyak isolasi transformator yang jumlahnya melimpah di Indonesia, dimana indonesia merupakan negara yang memiliki sub sektor pertanian kelapa sawit dengan luas total sebesar 11,4 juta Ha. Potensi Indonesia sebagai negara produsen terbesar minyak sawit telah mulai terealisasi dengan ekspor minyak sawit Indonesia mencapai sebesar 42,99 % dari kebutuhan dunia [1].

Beberapa kelebihan yang dimiliki minyak sawit adalah ramah lingkungan karena mudah untuk terurai jika dibandingkan minyak mineral, tidak bersifat *toxic*, memiliki nilai titik bakar yang tinggi, tidak bereaksi dengan *coil* pada transformator daya karena minyak sawit tidak mengandung sulfur sebagai penyebab korosi yang disebut tembaga sulfida, memiliki ketahanan isolasi yang baik pada tingkat kandungan air yang rendah, serta memiliki konstanta permitivitas yang tinggi yang membuat terpaan medan tinggi pada minyak kelapa sawit lebih kecil bila dibandingkan dengan minyak mineral [2].

Minyak Zaitun merupakan salah satu minyak nabati yang berasal dari tanaman buah zaitun. Kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak zaitun sebesar 71%, 13.2% asam linoleat, dan 15.8% asam lemak jenuh. M. H. Abderrazzaq et.al. dalam studinya memperlihatkan bahwa nilai tegangan tembus minyak zaitun merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan tegangan tembus minyak sawit dan minyak kelapa murni [3].

Terjadinya tegangan tembus merupakan akibat dari kegagalan suatu sistem isolasi. Terdapat dua hal yang menjadi penyebab terjadinya tegangan tembus pada isolasi cair yaitu adanya gelembung gas dan juga akibat ketidakmurnian yang diakibatkan oleh adanya partikel debu dan kontaminan [4].

Kekuatan tembus (*breakdown*) isolasi cair dapat jauh menurun karena adanya partikel asing atau kontaminan. Kehadiran partikel asing dalam jumlah yang signifikan merupakan salah satu faktor penyebab utama dari karakteristik breakdown yang ditemukan dalam pengujian cairan isolasi [5].

Potensi minyak sawit yang berlimpah di Indonesia dan semakin berkurang dan mahalnya minyak mineral menjadikan minyak kelapa sawit sebagai salah satu alternatif minyak transformator. Disisi lain tanaman zaitun yang mungkin dapat dikembangkan di Indonesia merupakan alternatif lain yang juga dapat menjadi alternatif minyak transformator.

Dari studi literatur yang dilakukan kekuatan minyak transformator tergantung pada tingkat kemurnian minyak yang digunakan. Kemungkinan adanya partikel asing atau kontaminan yang dapat berasal dari runtuhan isolasi kertas, lapisan enamel dari lilitan kumparan transformator, cat dan tangki transformator merupakan penyebab penurunan nilai kekuatan tembus minyak transformator.

Penelitian ini penting untuk dilakukan mengingat potensi yang besar dari minyak sawit dan minyak zaitun sebagai alternatif pengganti minyak mineral untuk transformator perlu di studi lebih lanjut. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tegangan tembus dari kedua jenis minyak tersebut diatas dengan memberikan kontaminan berupa nanopartikel dari material tembaga, besi, dan selulosa sebagai perlakuan menggantikan partikel lain yang mungkin terdapat di dalam transformator yang beroperasi.

1.2 Perumusan Masalah

Partikel tembaga, besi, dan selulosa umum ditemukan di dalam transformator. Partikel selulosa terbentuk akibat bahan material isolasi kertas yang menua dan terdegredasi, partikel tembaga dan besi dapat dihasilkan oleh degradasi konduktor, cat dan tangki transformator, partikel tersebut dapat juga terbentuk saat proses pemurnian minyak pada saat manufaktur, tansportasi, dan instalasi. Penurunan nilai tegangan tembus karena adanya partikel tersebut dapat dijelaskan dengan asumsi *weakest link*, yang

mengasumsikan bahwa weakest link dihasilkan ketika partikel asing tersebut menyerap air dan menjadi konduktor listrik, yang kemudian menjadi jembatan konduktor antara elektroda yang mengakibatkan terjadinya tegangan tembus [6].

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh kontaminan tembaga, besi, dan selulosa terhadap nilai tegangan tembus minyak sawit dan minyak zaitun.
2. Mempelajari pengaruh penambahan konsentrasi kontaminan terhadap nilai tegangan tembus minyak sawit dan minyak zaitun.
3. Mempelajari pengaruh jenis kontaminan terhadap nilai tegangan tembus minyak sawit dan minyak zaitun
4. Membandingkan karakteristik tegangan tembus minyak sawit dan minyak zaitun.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan sistem elektroda bola-bola Ø =13 mm dengan jarak sela antar elektroda 1 mm.
2. Minyak yang digunakan yaitu minyak sawit dan minyak zaitun dengan volume sampel uji masing-masing sebesar 350 ml.
3. Kontamiman yang digunakan yaitu partikel temabga ,partikel besi, dan partikel selulosa dengan konsentrasi penambahan masing-masing sebesar 0.01; 0.03 ; dan 0.05 wt%.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini sistematika penulisam yang digunakan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini menjelaskan tentang isolasi cair serta tegangan tembus (*Breakdown Voltage*) secara umum.

BAB II TINJAUAN LITERATUR

Tinjauan literatur digunakan sebagai tinjauan umum dari karya-karya yang diterbitkan sebelumnya tentang topik ataupun informasi terkait lainnya yang terkait dengan dampak kontaminan terhadap isolasi zat cair berupa jurnal, *paper*, skripsi serta sumber literatur lainya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian metodologi penelitian ini dijelaskam tentang spesifik bagaimana dilakukannya penelitian ini, seperti mengidentifikasi, memilih, menguji, dan menganalisis, pembuatan sistem elektroda, proses persiapan sampel uji, rangkaian pengujian dan langkah-langkah pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisikan tentang hasil dari pengujian pengaruh kontaminan tembaga, besi, dan selulosa terhadap tegangan tembus minyak sawit dan minyak zaitun dan juga pembahasan dari hasil yang didapatkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini yang merupakan bagian akhir penelitian ini dibuat kesimpulan bersadarkan hasil yang didapat selama pengujian dilakukan, yang disajikan dalam bentuk poin dan juga berisikan saran untuk penelitian kedepan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Syahril, Affandi, O. R. Risma, and R. Juliansyah, "Analisis Keseimbangan Ekspor Dan Impor Crude Palm Oil (Cpo) Indonesia," *EKOMBIS*, vol. 5, no. 2, pp. 91–105, 2019.

[2] F. Murdiya, "Telaah prospek minyak kelapa sawit sebagai minyak isolasi transformator," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–6, 2015.

[3] M. H. Abderrazzaq and F. Hijazi, "Impact of multi-filtration process on the properties of olive oil as a liquid dielectric," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 19, no. 5, pp. 1673–1680, 2012, doi: 10.1109/TDEI.2012.6311515.

[4] S. Mahmud, G. Chen, I. O. Golosnoy, G. Wilson, and P. Jarman, "Bridging phenomenon in contaminated transformer oil," *Proc. 2012 IEEE Int. Conf. Cond. Monit. Diagnosis, C. 2012*, no. September, pp. 180–183, 2012, doi: 10.1109/CMD.2012.6416405.

[5] K. Miners, "Particles and Moisture Effect on Dielectric Strength of Transformer Oil Using Vde Electrodes.," *SAE Prepr.*, no. 3, pp. 751–756, 1981, doi: 10.1109/mper.1982.5520335.

[6] S. Maneerot and N. Pattanadech, "Effect of contaminant on breakdown characteristics of mineral oil and commercial natural ester," *ECTI-CON 2018 - 15th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol.*, pp. 688–691, 2019, doi: 10.1109/ECTICon.2018.8619864.

[7] J. Lehr and P. Ron, "Electrical Breakdown in Solids, Liquids, and Vacuum," *Found. Pulsed Power Technol.*, pp. 439–492, 2017, doi: 10.1002/9781118886502.ch9.

[8] S. Manjang, I. Kitta, and A. Ikhlas, "Voltage Breakdown Characteristics of Transformer Mineral Oil with Varies the Composition of Corn Oil," *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, pp. 5–8, 2019, doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011119.

[9] M. Martins, "Vegetable oils, an alternative to mineral oil for power transformers- experimental study of paper aging in vegetable oil versus mineral oil," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 26, no. 6, pp. 7–13, 2010, doi: 10.1109/MEI.2010.5599974.

[10] Ansyori, Z. Nawawi, M. Abubakar Siddik, and I. Verdana, “Analysis of Dielectric Strength of Virgin Coconut Oil as an Alternative Transformer Liquid insulation,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 5, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/5/052003.

[11] D. K. Mahanta and S. Laskar, “Electrical insulating liquid: A review,” *J. Adv. Dielectr.*, vol. 7, no. 4, pp. 1–9, 2017, doi: 10.1142/S2010135X17300018.

[12] B. S. H. M. S. Y. Matharage, M. A. R. M. Fernando, E. Tuncer, M. A. A. P. Bandara, and C. S. Kalpage, “Coconut oil as transformer liquid insulation - Ageing and simulated thermal and electrical faults,” *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, no. March 2015, pp. 839–842, 2012, doi: 10.1109/CEIDP.2012.6378911.

[13] M. Gros-Balthazard, K. M. Hazzouri, and J. M. Flowers, “Genomic insights into date palm origins,” *Genes (Basel).*, vol. 9, no. 10, 2018, doi: 10.3390/genes9100502.

[14] N. A. Mohamad *et al.*, “A study on the dielectric properties of Palm Oil and Coconut Oil,” *Conf. Proceeding - 2014 IEEE Int. Conf. Power Energy, PECon 2014*, pp. 109–112, 2014, doi: 10.1109/PECON.2014.7062423.

[15] A. Rajab, A. Sulaeman, S. Sudirham, and Suwarno, “A comparison of dielectric properties of palm oil with mineral and synthetic types insulating liquid under temperature variation,” *ITB J. Eng. Sci.*, vol. 43 B, no. 3, pp. 191–208, 2011, doi: 10.5614/itbj.eng.sci.2011.43.3.3.

[16] D. G. Barceloux, “Copper,” *Clin. Toxicol.*, vol. 37, no. 2, pp. 217–230, 1999.

[17] A. I. Pratiwi, K. Nurkamiden, and F. E. P. S, “Pengaruh Penambahan Fenol Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator,” *J. Teknol. Terpadu*, vol. 2, no. 8, pp. 77–81, 2020.

[18] J. Kuffel , Kuffel, Peter,, Safari, an O’Reilly Media Company., “High Voltage Engineering Fundamentals, 2nd Edition.” 2000, [Online]. Available: https://www.safaribooksonline.com/complete/auth0oauth2/&state=/library/view//9780750636346/?ar.

[19] G. Sawa, “Dielectric Breakdown,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, no. 6, pp. 87–106, 1990, doi: 10.1016/b978-0-12-234122-9.50011-0.