

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS
PADA MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN ANTIOKSIDAN
BUTYLATED HYPROXY TOULENE (BHT) SEBAGAI
ALTERNATIF MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Strata-I (S1)
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti**

Oleh:

**ADI BAHARY
2002230010**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI
2024**

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS
PADA MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN ANTIOKSIDAN
BUTYLATED HYPROXY TOULENE (BHT) SEBAGAI
ALTERNATIF MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Strata-I (S1)
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti**

Oleh:



**ADI BAHARY
2002230010**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : ADI BAHARY
NIM : 2002230010
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenjang Pendidikan : Strata-1
Judul Skripsi : INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN
TEMBUS PADA MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN ANTIOKSIDAN BUTYLATED
HYDROXY TOLUENE(BHT) SEBAGAI
ALTERNATIF MINYAK ISOLASI
TRANSFORMATOR


Telah disetujui oleh :

Pembimbing I,



Dina Fitria, S.T., M.T.

Pembimbing II,



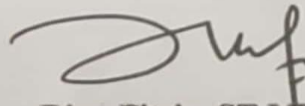
Moh. Wahyu Amiqullah, S.T.,M.T.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T.M.M.

Palembang, April 2024
Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Dina Fitria, ST.MT.

LEMBAR PERNYATAAN

Nama : ADI BAHARY
NIM : 2002230010
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenjang Pendidikan : Strata-1
Judul Skripsi : INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN
TEMBUS PADA MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN ANTIOKSIDAN BUTYLATED
HYPROXY TOULENE(BHT) SEBAGAI
ALTERNATIF MINYAK ISOLASI
TRANSFORMATOR

Dengan ini saya menyatakan bahwa,

Hasil penulisan skripsi yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya, Jika terdapat kata-kata dan rumusan yang sama, hal itu hanya dijadikan bahan refrensi dan dimasukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia untuk bertanggung jawab dan menerima sanksi berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" Pasal 25 Ayat 2 Pasal 70.

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

Palembang, April 2024



ADI BAHARY

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- PERLAKUKAN ORANG LAIN SEPerti YANG ANDA INGINKAN DI PERLAKUKAN OLEH ORANG LAIN.
- BERBUATLAH KEBAIKAN SEKECIL APAPUN, KARENA KEBAIKAN AKAN SELALU BERBUAH MANIS.

KUPERSEMBAHKAN KEPADA :

- KEDUA ORANG TUA KU YANG KU SAYANGI
- KAKAK DAN ADIK KU YANG TERCINTA
- KEKASIHKU YANG TERCINTA
- BAPAK DAN IBU DOSEN YANG TELAH MENDIDIKKU
- SAHABAT – SAHABATKU SEPERJUANGAN
- SEMUA YANG MENDO'AKANKU

ABSTRAK

Pengaruh penambahan antioksidan BHT pada tegangan tembus minyak kelapa sawit sebagai alternatif minyak isolasi transformator, dengan variasi penambahan BHT sebesar 0 wt%, 0,1 wt%, 0,15wt%, 0,2 wt%,0,25 wt%, dan 0,3 wt%. Sampel pengujian di siapkan dengan volume 400 ml. Pencampuran minyak kelapa sawit dengan BHT dilakukan dengan cara pengadukan menggunakan magnetic Stirrer dan di panaskan. Pengujian di lakukan dengan menggunakan sistem elektroda bola-bola dengan diameter 12mm dengan jarak cela antar elektroda 2,5 mm dengan laju kenaikan tegangan sebesar 1kV/ detik. Dari hasil pengujian dihasilkan V_{BD} rata-rata minyak kelapa sawit murni (0%BHT) sebesar 11,5kV. Pada konsentrasi 0,1% mendapatkan peningkatan tegangan rata-rata V_{BD} sebesar 6,96% atau sebesar 12,3kV dari tegangan rata-rata V_{BD} minyak kelapa sawit murni. Saat kosentrasi 0,15% mengalami peningkatan rata-rata V_{BD} sebesar 18,26% atau sebesar 13,6kV. Pada kosentrasi 0,2% mendapatkan rata-rata tegangan V_{BD} tertinggi yaitu 24,35% atau 14,3kV dari rata-rata V_{BD} minyak kelapa sawit murni. Dan pada penambahan 0,25% terjadi penurunan dari rata-rata V_{BD} sebelumnya sebesar 12,6% atau 12,5kV serta menjadi titik jenuh dari V_{BD} . pada penambahan 0,3 % mengalami penurunan sebesar 6,96% atau 10,7kV dari rata-rata V_{BD} minyak kelapa sawit murni yang menunjukkan bahwa kosentrasi penambahan BHT terbaik pada 0,2%.

Kata Kunci : Tegangan Tembus, Minyak Kelapa Sawit, Butylated Hydroxytoulene, Minyak Transformator, Kosentrasi BHT

ABSTRACT

The effect of adding BHT antioxidants on the breakdown voltage of palm oil as an alternative to transformer insulating oil, with variations in BHT addition of 0 wt%, 0.1 wt%, 0.15 wt%, 0.2 wt%, 0.25 wt%, and 0.3 wt%. The test sample was prepared with a volume of 400 ml. Mixing palm oil with BHT is done by stirring using a magnetic stirrer and heating. The test was carried out using a ball electrode system with a diameter of 12 mm with a gap between the electrodes of 2.5 mm with a voltage increase rate of 1 kV/second. From the test results, the average VBD of pure palm oil (0%BHT) was 11.5kV. At a concentration of 0.1%, the average VBD voltage increased by 6.96% or 12.3kV from the average VBD voltage of pure palm oil. When the concentration was 0.15%, the average VBD increased by 18.26% or 13.6kV. At a concentration of 0.2%, the highest average VBD voltage is 24.35% or 14.3kV of the average VBD of pure palm oil. And with the addition of 0.25% there is a decrease from the previous average VBD of 12.6% or 12.5kV and becomes the saturation point of VBD. with the addition of 0.3%, there was a decrease of 6.96% or 10.7kV from the average VBD of pure palm oil, which shows that the best concentration of BHT addition was 0.2%.

Keywords: *Breakdown Voltage, Palm Oil, Butylated Hydroxytoluene, Transformer Oil, BHT Concentration*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“INVESTIGASI KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN ANTIKOSIDAN BUTYLATED HYPROXY TOULENCE (BHT) SEBAGAI ALTERNATIF MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR”**. Yang disusun guna memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Tridinanti.

Pada kesempatan kali ini saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. IBU DINA FITRIA, S.T., M.T. selaku pembimbing I
2. Bapak MOH. WAHYU AMINULLAH, ST.,M.T. selaku pembimbing II

Yang telah memberikan bantuan sumbang saran dan ilmu sehingga selesainya skripsi ini.

Saya juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE., MS. selaku Rektor Universitas Tridinanti beserta staff
2. Bapak Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T., M.M. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti beserta staff
3. Ibu DINA FITRIA, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
4. Bapak Ir. H. Yuslan Basir, M.T. Selaku Pembimbing Akademik saya , serta yang selalu menasehatin saya dari awal masuk perkuliahan.

5. Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan ilmunya dan menghantarkan penulis menyelesaikan perkuliahan.
6. Kedua orang tua paling berjasa dalam hidup saya, Bapak Pradono dan Ibu Sarpini Istiqoma yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi, selalu berjuang untuk kehidupan saya, serta do'a dan dukungan untuk menyelesaikan pendidikan sarjana.
7. Kakak dan adik ku yang selalu memberikan dorongan dan motivasi hingga bisa ke tahap ini.
8. Riska Chintya yang telah menemani dalam penulisan skripsi ini, meluangkan waktu, tenaga, pikiran, materi maupun bantuan. Terimakasih telah menjadi *support system* terbaik serta telah menjadi bagian perjalanan saya hingga penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman se-almamater dan pihak lain yang selalu membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini serta bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Palembang, April 2024

ADI BAHARY

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1. Landasan Teori.....	4
2.1.1. SAE(Society of Automotive Engineers) Kekentalan.....	4
2.1.2. Isolator.....	5
2.1.3. Dielektrik cair.....	5
2.1.4. Minyak Nabati.....	7
2.1.5. Proses Oksidasi	9
2.1.6. Kekuatan Dielektrik	11
2.1.7. Tegangan tembus	11
2.1.8. Tahanan Isolasi.....	13
2.1.9. Kumparan Transformator.....	14
2.2. Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Tempat Penelitian	17
3.2. Waktu Penelitian.....	17
3.3. Jenis penelitian.....	17

3.4.	Populasi dan Sampel.....	17
3.4.1.	Populasi.....	17
3.4.2.	Sampel.....	17
3.5.	Variable penelitian.....	18
3.6.	Proses Pembuatan Laporan.....	18
3.7.	Diagram alur Penelitian.....	19
3.8.	Sampel Penelitian.....	20
3.8.1.	Minyak Kelapa Sawit.....	20
3.8.2.	Antioksidan <i>Butylate HydroxyToulene</i> (BHT).....	21
3.9.	Peralatan Pengujian.....	21
3.9.1.	Magnetic stirrer.....	21
3.9.2.	Neraca Digital.....	21
3.9.3.	Gelas Ukur.....	22
3.9.4.	Vacuum Drying Oven.....	22
3.9.5.	HZJQ-1B Transformer Oil BDV Tester.....	23
3.10.	Penyiapan Sampel Uji.....	23
3.10.1.	Bahan pembuatan sample.....	25
3.10.2.	Alat pembuat Sampel.....	25
3.11.	Proses pengujian.....	25
3.12.	Pengambilan data.....	27
3.13.	Hasil Pengujian.....	27
3.13.1.	Hasil Pengujian Minyak Kelapa Sawit Filma.....	27
3.13.2.	Hasil penguian minyak kelapa sawit + 0,1% BHT.....	28
3.13.3.	Hasil penguian minyak kelapa sawit + 0,15% BHT.....	28
3.13.4.	Hasil penguian minyak kelapa sawit + 0,2% BHT.....	28
3.13.5.	Hasil penguian minyak kelapa sawit + 0,25% BHT.....	28
3.13.6.	Hasil penguian minyak kelapa sawit + 0,3% BHT.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1.	Umum.....	28
4.2.	Data Hasil Pengujian.....	28
4.3.	Pembahasan.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37
5.1.	Kesimpulan.....	37
5.2.	Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biji Kelapa Sawit	9
Gambar 2. 2 Butylated Hydroxytoluene (BHT).....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Minyak kelapa sawit merek filma	20
Gambar 3. 3 Antioksidan Butylated HydroxyToulene (BHT).....	21
Gambar 3. 4 Magnetic Stirrer.....	21
Gambar 3. 5 Neraca digital merk Kris	22
Gambar 3. 6 Gelas Ukur.....	22
Gambar 3. 7 Vacuum Drying Oven	23
Gambar 3. 8 HZJQ-1B Transformer oil BDV Tester	23
Gambar 3. 9 Penimbangan BHT sebagai pencampur Minyak Kelapa Sawit	24
Gambar 3. 10 Proses Pencampuran Minyak Kelapa Sawit dengan BHT	24
Gambar 4. 1 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus pada Sampel Minyak Kelapa Sawit Konsentrasi 0 wt% dengan konsentrasi 0,1 wt% BHT.....	29
Gambar 4. 2 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus pada Sampel Minyak Kelapa Sawit Konsentrasi 0 wt% dengan konsentrasi 0,15 wt% BHT.....	30
Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus pada Sampel Minyak Kelapa Sawit Konsentrasi 0 wt% dengan konsentrasi 0,20 wt% BHT.....	31
Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus pada Sampel Minyak Kelapa Sawit Konsentrasi 0 wt% dengan konsentrasi 0,25 wt% BHT.....	32
Gambar 4. 5 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus pada Sampel Minyak Kelapa Sawit Konsentrasi 0 wt% dengan konsentrasi 0,30 wt% BHT.....	33
Gambar 4. 6 Nilai tertinggi dari setiap sampel percobaan	34
Gambar 4. 7 Nilai Tegangan Tembus rata-rata pada Sampel Minyak Kelapa sawit dengan variasi Penambahan Antioksidan Butylated Hydroxytoluene (BHT).....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Isolasi Minyak IEC 60422-2013.....	6
Tabel 2.2 Standar Isolasi Minyak SPLN 49-1:1982	7
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu.....	15
Tabel 3. 1Komposisi Minyak Filma.....	20
Tabel 3. 2 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit Murni	27
Tabel 3. 3 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit + 0,1% BHT.....	28
Tabel 3. 4 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit + 0,15% BHT.....	28
Tabel 3. 5 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit + 0,2% BHT.....	28
Tabel 3. 6 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit + 0,25% BHT.....	28
Tabel 3. 7 Data Pengujian Minyak Kelapa Sawit + 0,3% BHT.....	29
Tabel 4. 1 Data rata-rata minyak kelapa sawit dengan variasi penambahan BHT	28
Tabel 4. 2 Perbandingan Minyak kelapa sawit murni dengan Penambahan 0,1 wt% BHT	29
Tabel 4. 3 Perbandingan Minyak kelapa sawit murni dengan Penambahan 0,15 wt% BHT	30
Tabel 4. 4 Perbandingan minyak kelapa sawit murni dengan penambahan 0,20wt% BHT.....	31
Tabel 4. 5 Perbandingan minyak kelapa sawit murni dengan penambahan 0,25 wt% BHT.....	32
Tabel 4. 6 Perbandingan minyak kelapa sawit murni dengan penambahan 0,30 wt% BHT.....	33
Tabel 4. 7 Nilai tertinggi setiap Sampel.....	34
Tabel 4. 8 Tabel Hasil Pengujian	39

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Minyak Kelapa sawit merek Filma dan antioksidan Butylated Hydroxy Toulene
- Lampiran 2. Alat untuk pencampuran Sampel minyak kelapa sawit denfan Variasi penambahan BHT
- Lampiran 3. Penimbangan BHT untuk pengisi Minyak Kelapa Sawit
- Lampiran 4. Proses Pencampuran Minyak Kelapa Sawit Dengan BHT
- Lampiran 5. Penuangan Minyak Ke Oil Cap dan pemasangan Kembali oil cap ke alat pengujian.
- Lampiran 6. Penyetingan sebelum memulai pengujian
- Lampiran 7. Penyetingan Dan Pengujian Di Temani Instruktur Lapangan
- Lampiran 8. Hasil Pengujian Minyak Kelapa Sawit Murni
- Lampiran 9. Hasil Pengujian Minyak Kelapa Sawit Dengan Penambahan BHT

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tegangan tembus transformator adalah tegangan listrik tertinggi yang dapat dilalui oleh minyak isolasi transformator tanpa menyebabkan terjadinya percikan listrik. Tegangan tembus merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas minyak isolasi transformator. Tegangan tembus adalah batas tertinggi tegangan listrik yang dapat ditahan oleh bahan isolasi tanpa mengalami pelepasan muatan listrik. Pelepasan muatan listrik ini dapat berupa percikan api atau bunga api.

Minyak isolasi transformator berperan penting dalam menjaga kinerja dan ketahanan transformator. Minyak ini berfungsi sebagai media pendingin, isolasi listrik, dan pelindung terhadap kontaminasi. Saat ini, minyak mineral umumnya digunakan sebagai minyak isolasi transformator. Namun, minyak mineral memiliki beberapa kekurangan, dengan menggunakan minyak kelapa sawit sebagai alternatif minyak isolasi transformator dapat mengatasi beberapa kekurangan minyak mineral. Minyak kelapa sawit merupakan sumber daya terbarukan, ramah lingkungan, dan memiliki stabilitas termal yang lebih tinggi dibandingkan minyak mineral.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan antioksidan BHT (butylated hydroxytoluene) terhadap nilai tegangan tembus minyak kelapa sawit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi

tentang potensi penggunaan minyak kelapa sawit sebagai alternatif minyak isolasi transformator yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Dari penjelasan singkat tersebut di atas itu penyusun ingin membahas penelitian tentang **“Investigasi Karakteristik Tegangan Tembus pada Minyak Kelapa Sawit dengan Penambahan antioksidan *Butylated Hydroxy Toulene* (BHT) Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator”**.

1.2. Rumusan masalah

Pada penelitian kali ini penulis merumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar kinerja penambahan antioksidan *butylated hydroxy toulene* (BHT) dengan berbeda konsentrasi dan membandingkan kekuatan dielektrik terhadap tegangan tembus dari semua sampel?
2. Pada konsentrasi berapakah minyak kelapa sawit mengalami titik jenuh saat di tambah antioksidan *butylated hydroxy toulene* (BHT)?

1.3. Batasan Masalah

Agar suatu pembahasan tidak menyimpang dari tujuannya memerlukan adanya pembatasan ruang lingkup masalah pada satu pokok persoalan. Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi pada minyak kelapa sawit dan antioksidan *Butylated Hydroxy Toulene* (BHT).
2. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan bolak-balik untuk melihat nilai tegangan tembus pada minyak kelapa sawit dengan penambahan antioksidan

Butylated HydroxyToulene (BHT) dengan konsentrasi 0 wt%, 0,1 wt%, 0,15 wt%, 0,2 wt%, 0,25 wt% dan 0,3wt%.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan yang dilakukan adalah menginvestigasi karakteristik tegangan tembus pada minyak kelapa sawit dengan antikosidan *Butylated Hydroxy Toulene* (BHT) sebagai alternatif minyak isolasi transformator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistyono, Ir. (2022). *Trafo Daya*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal. 162-163.
- [2] Universitas Udayana. (2022). *Material Teknik Elektro*. Simdos Universitas Udayana.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] G. M. Suárez-Jiménez, C. M. López-Saiz, H. E. Ramírez-Guerra, J. M. Ezquerro-Brauer, S. Ruiz-Cruz, and W. Torres-Arreola, (2016). "Role of endogenous and exogenous tocopherols in the lipid stability of marine oil systems: A review," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 17, no. 12, 2016.
- [7] Arief, M. R., & Ansyori, A. (2018). Analisis pengaruh konsentrasi fenol terhadap tegangan tembus minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(2), 136-141.
- [8] Haryadi, B. (2013). *Dasar-dasar Teknik Listrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.:Hal. 197-198
- [9] Irawan, H. A., MT. (2019). *Teknik Listrik Trafo*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [10] Ping Yu, Yunbai Luo. (2016); *Determination of antioxidants in vegetable insulating oils by HPLC*, *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 8, 033103 doi: 10.1063/1.4954235.
- [11] Apriyanti, R., & Mufti, N. (2018). Karakteristik Dielektrik Minyak Kelapa Sawit Murni dan Campuran dengan Minyak Nyamplung sebagai Minyak Isolasi Transformator. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara*, 6(2), 123-130.

- [12] Manurung, H., Pasaribu, F. R., & Lubis, Z. (2022). Pengaruh Penambahan Nano-Silika pada Karakteristik Dielektrik Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi dan Industri Elektro*, 7(1), 51-56.
- [13] Manurung, H., & Pasaribu, F. R. (2019). Pengaruh Penambahan Nano ZnO Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara*, 7(1), 61-66.
- [14] Ramli, M., & Nasution, A. H. (2020). Pengaruh Penambahan Quercetin pada Karakteristik Dielektrik Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Energi*, 5(2), 111-118.
- [15] Rosli, M. Y., & Wan Nik, W. B. (2020). Recent Advances in Palm Oil-Based Transformer Oil: A Review. *Energies*, 13(13), 3418.
- [16] Rahmadani, I. (2022). Investigasi karakteristik tegangan tembus pada minyak kedelai dengan penambahan antioksidan Butylated HydroxyToulene (BHT) Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Transformator. (Skripsi, Universitas Sriwijaya).