

SKRIPSI
PENGUJIAN KARAKTERISTIK ELEKTRIK MINYAK BIOISOLATOR
BERBAHAN DASAR PALM OIL MILL EFFLUENT



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

Oleh :
DEVI NOVITA SARI
03041981722121

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK ELEKTRIK MINYAK BIOISOLATOR
BERBAHAN DASAR PALM OIL MILL EFFLUENT**



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh :

DEVI NOVITA SARI

03041981722121

Indralaya, 14 Agustus 2021

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Devi Novita sari
NIM : 03041981722121
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Pengujian Karakteristik Elektrik Minyak Bioisolator Berbahan Dasar Palm Oil Mill Effluent” 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.

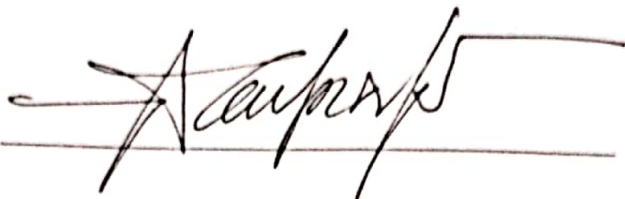
Indralaya, Juli 2021



DEVI NOVITA SARI

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

Tanda Tangan

: 

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

Tanggal : 28 / September / 2021

KATA PENGANTAR

Bissmillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirabbil'alam

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

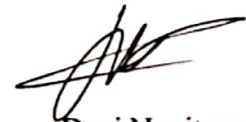
Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku yang selalu memberikan dukungan baik semangat maupun moril dan perhatian yang lebih selama proses perjalanan hidup ini terlebih dalam pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Pembimbing sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi dan membimbing tugas akhir.
3. Ibu Herlina , S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya

4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T, M.T, Ph.D. yang telah memperbolehkan menggunakan fasilitas laboratorium.
6. Bapak Abdul Hamid, bapak Susanto mbak Nur dan Segenap tim laboratorium Politeknik Akamigas Palembang.
7. Adik saya Nabila dwi saputri selaku keluarga yang selalu mendoakan, memberikan masukan dan bantuan selama ini.
8. Prada alditia revaldi yang selalu memberikan dukungan baik semangat maupun moril dalam pembuatan skripsi ini.
9. Kak Rian dan staff jurusan Palembang.
10. Kak Dwi selaku penulis rujukan dan senior.
11. Sahabat-sahabat yang tergabung dalam satu bimbingan yuda, rendi, reza, gina, nesa, dino, adinda dan ari.
12. Sahabat-sahabat yang selalu mendukung dan mendoakan fitri, wike, khofifah, ranti, sekar dll.
13. Teman-teman Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

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

Palembang, Agustus 2020



Devi Novita sari

ABSTRAK

Berbagai studi dan penelitian telah banyak dilakukan untuk mencari alternatif isolasi cair. Minyak nabati dianggap paling berpotensi karena memiliki keunggulan tidak beracun, zat hasil buangan akibat reaksi berupa CO₂ dan air, dapat diurai kembali (*biodegradable*), *flash point* yang tinggi, memiliki karakteristik thermal yang lebih baik dan dapat diperbaharui (*renewable*). Pada penelitian ini menggunakan POME sebagai bahan baku minyak isolator dengan penambahan zat aditif berupa *nano silica* untuk meningkatkan kualitas minyak isolasi. Untuk menentukan kelayakan minyak isolasi dilakukan pengujian karakteristik berupa Densitas, Viskositas, Kadar Air, Angka Asam, Titik Tuang, Titik Nyala dan Tegangan Tembus. Penambahan *nano silica* mempengaruhi nilai viskositas dan angka asam pada minyak isolator. Dari hasil uji yang dilakukan diperoleh densitas terendah pada dengan penambahan nano silica sebesar 0,03% yaitu 0,8784 g/cm³, viskositas terendah pada minyak dengan penambahan nano silica 0,13 % yaitu 4,36 cSt, angka asam terendah pada minyak dengan penambahan nano silica sebesar 0,03% yaitu 3,32 mgKOH/g, nilai titik tuang sama pada setiap sampel, kadar air 0,014 %, titik nyala > 110 °C dan PDIV 3,874 kV pada dengan sampel dengan penambahan nano silica sebesar 0,03%. Hal ini menunjukkan bahwa minyak isolator berbahan baku POME dapat dijadikan alternatif minyak isolasi.

ABSTRACT

Various studies and studies have been conducted to look for alternative liquid insulation. Vegetable oil is considered the most potential because it has the advantage of non-toxic, waste substances due to reactions in the form of CO₂ and water, can be biodegradable, high flash point, has better thermal characteristics and can be renewed (renewable). In this study, POME was used as a raw material for insulator oil with the addition of nano silica additives to improve the quality of insulating oil. To determine the feasibility of insulating oil is carried out characteristic testing in the form of Density, Viscosity, Moisture Content, Acid Figures, Pour Points, Flash Points and Translucent Voltages. The addition of nano silica affects viscosity values and acidic numbers in insulator oils. From the test results obtained the lowest density in the addition of nano silica by 0.03% namely 0.8784 g/cm³, the lowest viscosity in oil with the addition of nano silica 0.13 % namely 4.36 cSt, the lowest acid figure in oil with the addition of nano silica by 0.03% which is 3.32 mgKOH /g, the value of the pour point is the same in each sample, the moisture content is 0.014 %, the flash point > 110 °C and THE PDIV is 3,874 kV in the sample with the addition of nano silica by 0.03%. This indicates that POME-based insulator oil can be used as an alternative to insulating oil.

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
<u>DAFTAR LAMPIRAN</u>	xv
<u>NOMENKLATUR</u>	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6

2.1	Transformator	6
2.2	Dielektrik Cair	5
2.3	Jenis-jenis Dielektrik Cair	7
2.3.1	Minyak Isolasi Mineral	8
2.3.2	Minyak Isolasi Sintetis	8
2.3.3	Minyak Isolasi Nabati	8
2.4	karakteristik Isolasi Cair	12
2.4.1	Karakteristik Berdasarkan Sifat Listrik Minyak Isolasi	112
2.4.2	Karakteristik Berdasarkan Sifat Fisika Isolator Minyak	13
2.4.3	Karakteristik Berdasarkan Sifat Kimia Isolator Minyak	14
2.5	Teori Partial discharg	15
2.6	Mekanisme terjadinya PD	17
2.7	Teori kegagalan isolasi cair	19
2.6.1	Teori Kegagalan Zat Murni	19
2.6.2	Teori Kegagalan Gelembung Udara	19
2.6.3	Teori Kegagalan Bola Cair	20
2.6.4	Teori Kegagalan Butiran Padat	20
2.7	Pengaruh Pemanasan Terhadap Viskositas Minyak Isolasi	20
2.8	Pengaruh Pemanasan Terhadap Tegangan Tembus Minyak Isolasi	21
2.9	Limbah Cair Kelapa Sawit	22
2.10	<i>Cooling Pond</i>	24
2.11	Proses Pembuatan Minyak Isolasi	25
2.12	Penambahan <i>Nano Sillica</i>	32
BAB III		35

METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.....	35
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat.....	35
3.2.1 Bahan.....	35
3.3 Metode Penelitian.....	36
3.3.1 Proses Ekstraksi.....	36
3.3.2 Destilasi.....	36
3.3.3 Pengukuran Angka Asam.....	37
3.3.4 Esterifikasi.....	37
3.3.5 Transesterifikasi.....	38
3.3.6 Penambahan <i>Nano Silica</i>	40
3.3.7 Kalibrasi pengujian PDIV.....	41
3.4 Pengujian PDIV.....	42
3.5 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	43
BAB IV.....	46
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Pendahuluan.....	46
4.2 Pengaruh Penambahan Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Densitas Minyak Isolator.....	47
4.3 Pengaruh Penambahan Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Viskositas Minyak Isolator.....	48
4.4 Pengaruh Penambahan Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Kadar Air Minyak Isolator.....	49

4.5	Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Titik Nyala Minyak Isolator.....	50
4.6	Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Angka Asam Minyak Isolator	51
4.7	Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap Titik Tuang Minyak Isolator	52
4.8	Pengaruh Penambahan Konsentrasi Nano Silica terhadap PDIV.....	54
<u>BAB V</u>		60
<u>PENUTUP</u>		60
5.1	<u>Kesimpulan</u>	60
5.2	<u>Saran</u>	60
<u>LAMPIRAN</u>		61
<u>DAFTAR PUSTAKA</u>		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	43
Gambar 4.1 Grafik Persentasi Konsentrasi Nano Sillica terhadap Densitas.....	47
Gambar 4.2 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Viskositas.....	48
Gambar 4.3 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Kadar Air	49
Gambar 4.4 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Titik Nyala	50
Gambar 4.5 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Angka Asam...	51
Gambar 4.6 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap Titik Tuang.....	52
Gambar 4.7 Grafik Persentasi Konsentrasi <i>Nano Silica</i> terhadap PDIV	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan dielektrik cair dan kekuatan dielektriknya.....	7
Tabel 2.2 Sifat Minyak Nabati dan Minyak Mineral sebagai Minyak Transformator	10
Tabel 2.3 Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Standar IEC 6029	11
Tabel 2.4 Karakteristik dan standar metode pengujian minyak isolasi baru.....	11
Tabel 2.5 Kualitas Limbah Cair yang Dihasilkan oleh PKS secara Umum.....	22
Tabel 2.6 Karakteristik N-Hexan	27
Tabel 2.7 Sifat Kimia KOH	32
Tabel 2.8 Sifat Fisika <i>Silica</i>	33
Tabel 2.9 Sifat Listrik dari <i>Silica</i>	33
Tabel 2.10 Data Penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan topik riset yang dilakukan.....	33
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Keseluruhan Karakteristik Minyak Isolator Berbahan Baku POME.....	46

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	29
-----------------	----

NOMENKLATUR

POME : *Palm oil mill effluent*

CPO : *Crude Palm Oil*

VCO : *Virgin Coconut Oil*

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

- *cooling pond*

: Salah satu kolam limbah

Chemical Property

: Kandungan kima

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Melalui data yang diperoleh dari Kementerian ES DM RI, yang menyatakan bahwa pada tahun 2009 hingga 2016 Indonesia memiliki produksi minyak bumi yang selalu mengalami defisit[1]. Pengurangan minyak mineral merupakan salah satu usaha yang bisa diupayakan dan mencari alternatif isolasi cair lain seperti minyak nabati. Minyak nabati yang banyak diteliti untuk menjadi alternatif isolasi cair yaitu minyak *Virgin Coconut Oil* (VCO), *Crude Palm Oil* (CPO), RBDPO, *Castor Oil* (CO), dan *Corn Oil*. Keunggulan minyak nabati dibandingkan minyak mineral adalah minyak nabati tidak beracun, zat hasil buangan akibat reaksi berupa CO₂ dan air, dapat diurai kembali (*biodegradable*), *flash point* yang tinggi, memiliki karakteristik thermal yang lebih baik serta dapat diperbaharui (*renewable*)[2].

Pada sistem transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik, transformator merupakan peralatan memiliki peran penting dalam kelistrikan. Dimana transformator merupakan mesin listrik statis yang bekerja untuk naik dan turunkan tegangan dengan frekuensi kerja yang sama. Transformator memiliki prinsip kerja dasar induksi elektromagnetik. Transformator memiliki bagian bagian penting yang terdiri dari sebuah inti yang berbahan dasar besi berlapis, kumparan primer dan sekunder, dan isolasi. Dalam transformator salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas transformator adalah pada sistem isolasinya[3].

Dimana Isolasi pada transformator memiliki dua jenis yaitu isolasi padat dan isolasi cair. Isolasi padat sendiri terletak di konduktor kumparan, yang berbahan mika dan kertas. Isolasi padat memiliki fungsi untuk melindungi belitan agar tidak terjadi flashover.

Sedangkan Isolasi cair yang berwujud minyak berkerja untuk memisahkan ketegangan antara konduktor. Isolasi cair juga berfungsi sebagai pendingin apabila transformator mengalami panas berlebih. Minyak Isolasi mendinginkan dengan cara mengeluarkan panas menuju sirip-sirip transformator. Minyak Isolasi juga dapat pemadamkan busur api jika terdapat pijar api dalam lilitan transformator[3][4]. Minyak yang paling banyak digunakan sebagai isolasi cair adalah minyak bumi atau minyak mineral. Minyak mineral memiliki taraf kalor sangat baik dan baik dalam memulihkan sifat minyak setelah adanya *breakdown*[4].

1.2 Perumusan Masalah

Minyak kelapa sawit atau biasa di sebut dengan singkatan CPO (Crude Palm Oil) merupakan salah satu minyak nabati berkemampuan baik jika menjadi bahan baku minyak isolasi. Minyak cpo sendiri mudah didapat dan memiliki ketersediaan yang cukup banyak di indonesia.

Dalam proses pembuatan minyak CPO sendiri menghasilkan dua jenis limbah yaitu padat dan cair. Limbah cair pada proses pembuatan minyak CPO sendiri disebut sebagai POME (*Palm Oil Mill Effluent*). Jika limbah POME tidak di olah dengan baik maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Maka dampak yang akan terjadi ialah limbah akan mengendap dan menumpuk, dan sulit untuk terurai sehingga menjadi keruh dan berbau busuk, dan juga ekosistem di perairan menjadi rusak. Selain itu, akibat gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang berasal dari kolam terbuka yang menguap akibat panas sinar matahari menimbulkan pencemaran udara yang dapat merusak lapisan ozon.[5]

Berdasarkan hasil riset Dwi Sinthya Kusumawardani [6] dan juga dewi ammalia [7] pada penelitian mereka dengan menggunakan bahan baku POME pada 2019, pengolahan POME dengan menggunakan katalis NaOH dan KOH menghasilkan minyak yang memenuhi beberapa karakteristik minyak isolasi. Dan dengan

penambahan *silica treated by saline* minyak isolasi menghasilkan angka asam dan kadar air yang mencapai standar serta kenaikan tegangan tembus.

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

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Untuk mendapatkan alternatif isolator cair berbahan limbah cair kelapa sawit.
2. Untuk mengamati pengaruh penambahan *silica treated by saline* yang dibaur ke dalam minyak berbahan baku limbah kelapa sawit terhadap karakteristik minyak isolasi cair.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Mengestraksi minyak dari limbah cair kelapa sawit dengan larutan N-Hexan. Banyak volume antar sampel dan pelarut 1000 ml pada banding 1:1 untuk waktu pengekstraksian selama 3 hari.
2. Menurunkan asam lemak tinggi dari limbah cair sawit dengan proses esterifikasi dengan katalis HCl 2,5 ml.
3. Mengubah limbah cair kelapa sawit menjadi bioisolator dengan proses transesterifikasi guna memenuhi syarat minyak isolasi seperti titik nyala, titik tuang, dan visikositas.
4. Menambahkan *silica treated by saline* pada minyak.
5. Menguji karekteristik dari minyak isolator yaitu $\tan \theta$, dan parcial discharge

6. Tidak membahas lebih detail mengenai kandungan limbah cair kelapa sawit.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan studi dan tinjauan pustaka dari beberapa referensi hasil penelitian didapatkan bahwa minyak nabati dapat dijadikan minyak isolasi cair dan POME dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak isolasi.

Dewi amalia [8] dengan memanfaatkan POME sebagai bahan baku minyak isolasi cair. Variasi dalam penelitian ialah katalis yang digunakan dalam metode pembuatan minyak yaitu berupa NaOH dan KOH. Pada penelitian ini juga dilakukan penambahan *silica treated by saline*.

Berdasarkan teori dari penelitian-penelitian sebelumnya penggunaan katalis KOH menghasilkan minyak yang lebih banyak. penambahan *nano silica treated by saline* pada minyak isolasi menghasilkan minyak isolasi dengan angka asam dan kadar air yang mencapai standar serta kenaikan tegangan tembus. Pada setiap variasi penambahan *nano silica treated by saline* akan di dapatkan tegangan tembus yang berbeda-beda.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab yang pertama menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dari penelitian, ruang lingkup kerja, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua ini menjelaskan tentang teori dasar yang berhubungan pada karakteristik minyak isolasi, mekanisme tegangan tembus, dielektrik, katalis, limbah cair kelapa sawit dan proses-proses kimia.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga ini menuliskan tempat, waktu, peralatan yang digunakan, rangkaian percobaan, prosedur pengujian, metode pengambilan dan pengolahan data yang digunakan serta membahas mengenai proses selama penelitian dilakukan.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab keempat ini menjelaskan mengenai hasil data dan analisis penelitiannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kelima berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai hasil analisis dari penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. T. Kurrahman, S. Abduh, J. Teknik, E. Fakultas, T. Industri, and U. Trisakti, "Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya," *JETri*, vol. 13, pp. 11–28, 2016.
- [2] M. Dhofir, N. R. Dona, U. Wibawa, and N. Hasanah, "Minyak Kelapa Beraditif Minyak Zaitun sebagai Isolasi Peralatan Tegangan Tinggi," *Eeccis*, vol. 11, no. 2, pp. 69–76, 2017.
- [3] H. T. Kurrahman, S. Abduh, J. Teknik, E. Fakultas, T. Industri, and U. Trisakti, "STUDI TEGANGAN TEMBUS MINYAK KEMIRI," vol. 13, pp. 11–28, 2016.
- [4] F. Marlia, "Effect of Surfactant on Breakdown Strength and Thermal Conductivity of Transformer Oil Nanofluids," vol. 16, no. June, pp. 1–37, 2017.
- [5] G. Angelin, D. T. Kimia, F. Teknik, and U. S. Utara, "Pengaruh Penambahan Trace Metal (Molybdenum & Selenium) Terhadap Pembuatan Biogas Dari Sampah Organik Dan Kotoran Sapi the Effect of Trace Metal (Molybdenum & Selenium) Addition on Biogas Production From Organic Waste and Cow Manure," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 6, no. 4, pp. 15–21, 2017.
- [6] D. S. Kusumawardani, T. E. Agustina, and M. A. B. Siddik, "Utilization of Palm Oil Wastewater as Raw Material Alternative for Transformer Insulation Oil," no. October 2019, pp. 54–58, 2020
- [7] G. R. Paranjpe and P. Y. Deshpande, "Dielectric properties of some vegetable oils," *Proc. Indian Acad. Sci. - Sect. A*, vol. 1, no. 12, pp. 880–886, 1935.
- [8] E. S. Han and A. goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, "No Title," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.

- [9] G. R. Paranjpe and P. Y. Deshpande, "Dielectric properties of some vegetable oils," *Proc. Indian Acad. Sci. - Sect. A*, vol. 1, no. 12, pp. 880–886, 1935.
- [10] 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.
- [11] I. N. Anggraini and M. K. A. Rosa, "Analisa Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang," *Amplifier*, vol. 5, pp. 62–69, 2015.
- [12] T. V. Oommen, "Vegetable oils for liquid-filled transformers," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2002.
- [13] N. Pattanadech, F. Pratomosiwi, B. Wieser, M. Baur, and M. Muhr, "Partial discharge characteristics of mineral oil using needle - Plane and needle -sphere electrode configuration base on pulse current measurement," *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, pp. 64–67, 2012.
- [14] I. Garniwa and J. F. S, "Tembus Minyak Transformator," *Anal. Pagaruh Kenaikan Temp. Dan Miny. Transpormasi Terhadap Degrad. Tegangan Tembus Miny. Transform.*
- [15] D. RI, "Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat," 2000.
- [16] Kaminski *et al.*, "High response rate to Bexxar in advanced stage prior treatment-resistant follicular lymphoma," *Cancer Biology and Therapy*, vol. 4, no. 3. 2005.
- [17] D. Hambat, E. Ampas, T. E. H. Hitam, L. T. Pertumbuhan, and S. Widiati, "Skripsi daya hambatan ekstrak ampas teh hitam (," 2011.
- [18] Sola Fide Gavira Tarigan, Deviana C.S. Sinaga, and Zuhriana Masyithah, "EKSTRAKSI LIKOPEN DARI BUAH TOMAT (*Lycopersicum Esculentum*) MENGGUNAKAN PELARUT TUNGKAL DENGAN METODE KRISTALISASI ANTISOLVENT," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 5, no. 2, pp. 9–14, 2016.
- [19] K. B. A. Walangare, A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung, B. A. Sugiarso, and J. T. E.

Unsrat, "Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 2, no. 2, 2013.

- [20] S. Rasimeng, "Satek ii satek ii 2 0 0 8 p r o s i d i n g p r o s i d i n g," no. March, 2019.
- [21] S. Miskah and A. Anugrah, "DAN MINYAK KELAPA SAWIT," vol. 22, no. 2, pp. 54–61, 2016.
- [22] M. El-Dairi and R. J. House, "Optic nerve hypoplasia," *Handbook of Pediatric Retinal OCT and the Eye-Brain Connection*. pp. 285–287, 2019.
- [23] A. B. T. SARI, "PROSES PEMBUATAN BIODIESEL MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.) DENGAN TRANSESTERIFIKASI SATU DAN DUA TAHAP," *Skripsi*, 2007.
- [24] A. V. Krasnoslobodtsev and S. N. Smirnov, "Effect of water on silanization of silica by trimethoxysilanes," *Langmuir*, vol. 18, no. 8, pp. 3181–3184, 2002.
- [25] A. DEWI, and M. A. B. Siddik, "KARAKTERISTIK NANO-FLUIDA BERBASISKAN PALM OIL MILL EFFLUENT SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK ISOLATOR TRANSFORMATOR ," no. Agustus 2020, pp. 54–58, 2020.