

**EFEK PENAMBAHAN *NANO-FILLER SILICA*
TREATED BY SILANE PADA MINYAK RBDPO OLEIN
DAN OLEUM MAYDIS**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

ZUBAIDA

03041181419161

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEK PENAMBAHAN *NANO-FILLER SILICA TREATED BY SILANE*
PADA MINYAK RBDPO OLEIN DAN *OLEUM MAYDIS***



SKRIPSI

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

Oleh :

ZUBAIDA

03041181419161

Indralaya, Desember 2018

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

**Menyetujui,
Pembimbing Utama**

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zubaida
NIM : 03041181419161
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Efek Penambahan *Nano-Filler Silica Treated by Silane* pada Minyak RBDPO Olein dan *Oleum Maydis*” 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.

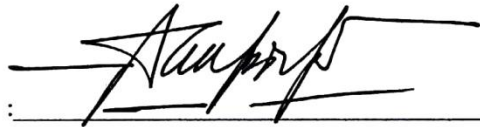
Indralaya, 26 Desember 2018



[Signature]
Zubaida

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

: 16 / 01 / 2019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “EFEK PENAMBAHAN *NANO-FILLER SILICA TREATED BY SILANE* PADA MINYAK RBDPO OLEIN DAN *OLEUM MAYDIS*”. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan insyaallah pengikutnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D selaku Dekan Fakultas teknik Universitas Sriwijaya beserta para staff.
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D dan selaku pembimbing penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, nasehat, bantuan, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Kedua Orang tua tercinta Muchtar dan Hermawati, saudari penulis Oktarima serta keluarga besar yang senantiasa mendo’akan kelancaran dalam penulisan skripsi.
4. Dosen pembimbing akademik Bapak Ir. Armin Sofijan, MT, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
5. Tim Udiklat PLN Indralaya Kak Fajri, Kak Memed, Kak Rey yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data.
6. Orang-orang terdekat penulis Rizki Luzardhi, Anggi, Rika, Dini, Meilah, Ayu, dan Nurul yang selalu mendukung penulis.
7. Keluarga besar Little Fams Arum, Yayang, Mbak Put, Sela, Tri, Rani, Bela, Febby, Novisa, Rizki F, Mbak Yeni, Mbak Asti, Anis Tri R dan Yuni.

8. Kepada teman-teman konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (TTL) dan subkonsentrasi tegangan tinggi 2014 sebagai teman seperjuangan semasa perkuliahan.
9. Rekan-rekan Electrant Ghazi Teknik Elektro angkatan 2014.

Indralaya, Desember 2018

Penulis

ABSTRAK

EFEK PENAMBAHAN *NANO-FILLER SILICA TREATED BY SILANE* PADA MINYAK RBDPO OLEIN DAN *OLEUM MAYDIS*

(Zubaida, 03041181419161, 2018, 79 halaman)

Transformator adalah suatu peralatan atau komponen penting dalam sistem jaringan listrik. Salah satu bagian penting pada transformator yaitu isolasi yang terdiri dari isolasi padat dan isolasi cair. Isolasi cair yang berasal dari minyak bumi atau minyak mineral bersifat tidak dapat diperbaharui sehingga apabila dipakai secara terus menerus minyak tersebut akan habis. Penelitian untuk mencari alternatif dari minyak isolasi telah banyak dilakukan yaitu dengan menggunakan minyak berbahan dasar nabati seperti minyak kelapa murni (VCO), minyak kelapa sawit (CPO), minyak RBDPO, minyak jarak dan minyak jagung. Kemampuan minyak nabati masih dapat dikembangkan dengan cara menambahkan nanopartikel ke dalam minyak isolasi. Penambahan nanopartikel ke dalam minyak isolasi telah diidentifikasi dapat meningkatkan performa dari minyak isolasi tersebut. Penelitian lebih lanjut tentang pencampuran *silica treated by silane* dengan minyak nabati sebagai bahan penelitian belum dilakukan secara intensif. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai peningkatan performa minyak RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* dengan penambahan *silica treated by silane* dengan 3 konsentrasi yang berbeda yaitu 0,01%wt, 0,05%wt dan 0,1%wt serta pengaruh jarak sela elektroda terhadap nilai tegangan tembus yang dihasilkan. Dengan sampel yang sama, pengujian ini berlanjut untuk ketiga pengujian minyak. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan penambahan *silica treated by silane* besar nilai tegangan tembus yang dihasilkan mengalami peningkatan. Untuk semua variasi jarak elektroda, kadar konsentrasi *silica treated by silane* yang paling optimal untuk penambahan pada minyak RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* yaitu 0,1%wt dengan total kenaikan tegangan tembus sebesar 12,857% dan 27,37 %. Penambahan *silica treated by silane* dengan variasi jarak elektroda memperlihatkan bahwa *dielectric strength* nanofluida yang dihasilkan adalah konstan.

Kata Kunci : Minyak Nabati, *Silica*, Tegangan Tembus.

Indralaya, Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Menyetujui,
Pembimbing Utama


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

ABSTRACT

EFFECT OF ADDITION NANO-FILLER SILICA TREATED BY SILANE IN RBDPO OLEIN AND OLEUM MAYDIS

(Zubaida, 03041181419161, 2018, 79 halaman)

Transformer is an equipment or important component in the electricity network system. One important part of the transformer is insulation which consists of solid insulation and liquid insulation. Liquid insulation from petroleum or mineral oil is non-renewable so that when used continuously the oil will run out. Research to find the alternatives of insulating oil has been widely carried out by using oils which made from vegetable oils such as virgin coconut oil (VCO), palm oil (CPO), RBDPO oil, castor oil and corn oil. The ability of vegetable oils can still be developed by adding nanoparticles to insulating oil. The addition of nanoparticles into insulating oil has been identified to increase the performance of the insulating oil. Further research on mixing silica treated by silane with vegetable oil as research material has not been carried out intensively. Therefore, in this research will discuss the increased in performance of RBDPO Olein oil and Oleum Maydis with the addition of silica treated by silane with 3 different concentrations of 0.01% wt, 0.05% wt and 0.1% wt and the effect of electrode intervals on the breakdown voltage produced. With the same sample, this test continues for all three oil tests. Based on research that has been carried out the addition of silica treated by silane and the large distance of the electrodes can affect the value of the breakdown voltage produced. For all variations of electrode intervals, the optimum concentration of treated by silane concentration for addition to Olein and Oleum Maydis RBDPO oil is 0.1% with the total increasing in breakdown voltage are 12.857% and 27.37%. The addition of silica treated by silane with variations of electrode intervals shows that the dielectric strength of the resulting nanofluid is constant.

Keywords: Vegetable Oil, Silica, Breakdown Voltage.

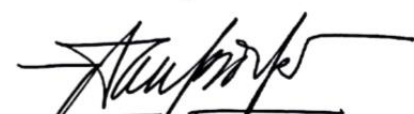
Indralaya, Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Menyetujui,
Pembimbing Utama


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

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
NOMENKLATUR.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Dielektrik.....	7
2.2 Dielektrik Cair.....	9
2.3. Jenis–Jenis Dielektrik Cair	9
2.3.1 Minyak Isolasi Mineral	9
2.3.2 Minyak Isolasi Sintetis.....	10
2.3.3 Minyak Isolasi Nabati	10
2.4 Mekanisme Tembus Pada Dielektrik Cair	15
2.4.1 Teori Kegagalan Zat Murni.....	16
2.4.2 Teori Kegagalan Gelembung Udara	17
2.4.3 Teori Kegagalan Bola Cair	18
2.4.4 Teori Kegagalan Butiran Padat	18

2.5	Kekuatan Kegagalan	19
2.6	<i>Silica Treated by Silane</i>	19
2.7	Penelitian Sebelumnya	21
BAB 3		24
METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Lokasi penelitian	24
3.2	Waktu Penelitian	24
3.3	Metode Penelitian.....	24
3.4	Peralatan dan Bahan	25
3.4.1	Pembangkit Tegangan.....	25
3.4.2	<i>Magnetic Stirrer</i>	26
3.4.3	<i>Oven</i>	27
3.4.4	<i>Test Cell</i>	27
3.5	Prosedur Percobaan	28
3.5.1	Pembuatan <i>Sampling</i>	28
3.5.2	Prosedur Pengurangan Kadar Air	29
3.5.3	Prosedur Pengujian Tegangan Tembus.....	30
3.6	Diagram Alir Penelitian	31
BAB 4		32
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Pendahuluan	32
4.2	Pengukuran Tegangan Tembus	32
4.3	Pengaruh Jarak Sela Elektroda Terhadap Nilai Tegangan Tembus	39
BAB 5		43
KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologis Biji Jagung	13
Gambar 2.2 Kegagalan Zat Murni atau Elektronik.....	17
Gambar 2.3 Bola Cair yang Memicu Terjadinya Kegagalan Total	18
Gambar 3.1 <i>Hipotronics OC Series</i>	25
Gambar 3.2 <i>Magnetic Stirrer</i>	26
Gambar 3.3 <i>Oven</i>	27
Gambar 3.4 <i>Test Cell</i>	28
Gambar 3.5 Diagram Alur Proses Persiapan Sampel Uji :	
(a) menggunakan minyak kelapa sawit RBDPO Olein,	
dan (b) menggunakan <i>Oleum Maydis</i>	29
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Tembus Rata-rata Minyak RBDPO Olein Murni dan Dengan Penambahan <i>Silica Treated by Silane</i>	33
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Tembus Rata-rata Minyak <i>Oleum Maydis</i> Murni dan Dengan Penambahan <i>Silica Treated by Silane</i>	33
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Penambahan <i>Silica Treated by Silane</i> Pada Minyak RBDPO Olein Terhadap Nilai Tegangan Tembus.....	34
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Penambahan <i>Silica Treated by Silane</i> Pada Minyak <i>Oleum Maydis</i> Terhadap Nilai Tegangan Tembus	35
Gambar 4.5 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Berdasarkan Penelitian Sebelumnya.....	36
Gambar 4.6 Grafik Kenaikan Tegangan Tembus pada Sampel RBDPO Olein	37
Gambar 4.7 Grafik Kenaikan Tegangan Tembus Pada Sampel <i>Oleum Maydis</i>	38
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Jarak Sela Elektroda dan Nilai Tegangan Tembus Pada Sampel RBDPO Olein	40
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Jarak Sela Elektroda dan Nilai Tegangan Tembus Pada Sampel <i>Oleum Maydis</i>	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan Dielektrik dan Kekuatan Dielektriknya	8
Tabel 2.2 Sifat Minyak Nabati dan Minyak Mineral sebagai Minyak Transformator	11
Tabel 2.3 <i>Electrical Properties</i> dari Minyak RBDPO Olein	13
Tabel 2.4 Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Jagung	14
Tabel 2.5 Sifat Fisika Minyak Jagung	14
Tabel 2.6 Tegangan Tembus Minyak Transformator	16
Tabel 2.7 Sifat Fisika <i>Silica</i>	20
Tabel 2.8 Sifat Listrik dari <i>Silica</i>	20
Tabel 2.9 Daftar Artikel atau <i>Paper</i> yang Berkaitan dengan Penelitian ini	21
Tabel 3.1 Sampel Uji yang Digunakan pada Penelitian	29

NOMENKLATUR

$\tan \delta$	: Faktor disipasi dielektrik
e^{-1}	: Elektron awal
e_1	: Elektron yang dihasilkan akibat proses ionisasi
e_2	: Elektron yang dihasilkan akibat proses ionisasi
e_n	: Jumlah elektron yang dihasilkan akibat proses ionisasi
E_{max}	: Kuat medan maksimum
V_b	: Besar tegangan tembus (kV)
A	: Konstanta
d	: panjang ruang celah (mm)
n	: Konstanta yang nilainya < 1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator merupakan suatu peralatan atau komponen penting dalam sistem jaringan listrik. Transformator digunakan untuk mengubah tegangan pada level yang sesuai untuk proses transmisi dan distribusi dari sistem tenaga listrik. Salah satu bagian penting pada transformator yaitu isolasi. Oleh sebab itu, keandalan transformator tergantung pada sistem isolasinya. Sistem isolasi bisa terdegradasi karena tegangan listrik dan panas [1].

Isolasi pada transformator ada dua jenis yaitu padat dan cair. Isolasi padat yang digunakan pada transformator terletak pada kumparan yang terdiri dari pelapis konduktor yaitu mika dan kertas tujuannya untuk melindungi masing-masing belitan terhadap belitan yang lainnya sehingga tidak terjadi *flashover* antar belitan. Sedangkan minyak digunakan sebagai bahan pendingin. Isolasi minyak yang terbuat dari minyak bumi atau minyak mineral mempunyai tingkat perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan isolasi padat, juga sangat baik dalam memperbaiki sifatnya setelah terjadinya *breakdown*. Hal inilah yang membuat minyak mineral cocok untuk digunakan pada transformator tegangan tinggi [1]. Minyak mineral merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga apabila dipakai secara terus menerus dalam jangka panjang lama-kelamaan minyak tersebut bisa saja habis.

Sekarang telah banyak dilakukan penelitian untuk mencari alternatif dari isolasi cair salah satunya adalah minyak berbahan dasar nabati seperti minyak

kelapa murni (VCO), minyak kelapa sawit (CPO), minyak jarak, dan minyak jagung (*Oleum Maydis*). Minyak nabati memiliki keunggulan dibanding minyak mineral yaitu memiliki sifat *biodegradable*, memiliki kandungan sifat beracun yang rendah, *flash point* dan *fire point* yang rendah, serta memiliki karakteristik *thermal* yang lebih baik [2] [3].

Semua minyak nabati *biodegradable*, sehingga pusat perhatian difokuskan pada pemilihan jenis minyak yang paling stabil dan memiliki viskositas rendah. Setelah dilakukannya studi pustaka terhadap kandungan asam lemak pada minyak nabati, ditemukan bahwa minyak *Redefined, Bleached and Deodorized Palm Oil Olein* (RBDPO Olein) dan *Oleum Maydis* mengandung banyak asam lemak *monounsaturated* [2], [4]. Penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa minyak nabati yang mengandung banyak asam lemak *monounsaturated* merupakan pilihan terbaik [2]. Meskipun demikian, Kemampuan minyak nabati masih dapat dikembangkan dengan cara menambahkan nanopartikel ke dalam isolasi cair yang disebut dengan nanofluida.

Nanofluida adalah cairan pemindah panas, dimana sejumlah kecil bahan berukuran nano (nanopartikel, *nanofibers*, *nanotube*, kawat nano, *nanorods* atau *nanosheets*) secara stabil tersuspensi dalam cairan pemindah panas murni (seperti minyak mineral, air atau minyak nabati). Huifei et al [5] mempelajari sifat nanofluida *silica* berbasis minyak mineral. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel *silica* mampu meningkatkan tegangan tembus pada minyak mineral.

Pada penelitian Wang et al [6], nanofluida berbasis minyak transformator telah dikembangkan dengan mendispersikan nanopartikel dalam minyak dan telah ditunjukkan bahwa sebagian dari nanofluida ini memiliki kekuatan dielektrik yang jauh lebih besar daripada minyak transformator utama .

Penerapan nanofluida pada transformator masih dalam tahap penelitian dan pengembangan karena masalah ketidakcocokan dan sedimentasi.

Pendispersian nanopartikel yang tidak benar ke dalam minyak transformator akan menghasilkan sedimentasi yang pada akhirnya akan menimbulkan ketidakstabilan nanofluida [5]. Terlihat bahwa nanopartikel memiliki permukaan hidrofobik di alam sehingga meningkatkan kecenderungan nanopartikel membentuk butiran-butiran kecil dan mengendap di dalam cairan dasar [7]. Zat *Silane* sebagai agen coupling digunakan untuk memodifikasi permukaan *silica* dari hidrofilik menjadi hidrofobik. Tujuannya adalah untuk membuat nanopartikel menjadi larut dalam minyak.

1.2 Perumusan Masalah

Kegagalan transformator bisa berakibat pada pemutusan suplai daya pada konsumen sehingga dapat merugikan konsumen dan perusahaan pemasok energi listrik. Selain itu, kegagalan transformator dapat menyebabkan masalah dalam sistem tenaga, karena transformator adalah salah satu bagian yang penting dan memerlukan waktu untuk menggantikannya apabila terjadi gangguan [1]. Masalah isolasi seperti sedimentasi dan kerusakan minyak isolasi adalah beberapa penyebab kegagalan transformator.

Penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa dari minyak isolasi yaitu dengan menambahkan nanopartikel ke dalam minyak mineral. Penambahan nanopartikel ke dalam minyak mineral dapat memperbaiki tegangan tembusnya. Cairan yang mengandung partikel berukuran nano yang secara stabil tersuspensi dalam cairan disebut dengan nanofluida. Beberapa contoh nanopartikel yang digunakan dalam penelitian yaitu *fullerene*, *titania* dan *silica* [8].

Penelitian sebelumnya [4], [7], [8] menggunakan *silica* sebagai bahan penelitian dan campuran dalam pembuatan nanofluida. Hasil penambahan *silica* pada bahan isolasi menunjukkan peningkatan performa pada bahan isolasi tersebut.

Penelitian lebih lanjut tentang pencampuran *silica treated by silane* dengan minyak nabati sebagai bahan penelitian belum dilakukan secara intensif. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai besarnya tegangan tembus yang dihasilkan minyak kelapa sawit RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* yang sudah dicampurkan dengan *silica* serta besarnya persentase optimal dari tegangan tembus yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengamati pengaruh *silica treated by silane* yang dicampur ke dalam minyak kelapa sawit RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* terhadap besarnya tegangan tembus yang dihasilkan.
2. Untuk mendapatkan kadar konsentrasi (%wt) yang paling optimum untuk campuran minyak nabati dengan *silica treated by silane*.
3. Untuk mengamati pengaruh jarak sela elektroda terhadap besarnya tegangan tembus yang terjadi pada minyak kelapa sawit RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* yang sudah dicampur dengan *silica treated by silane*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup kerja pada penelitian ini adalah :

1. Sampel uji yang digunakan adalah minyak RBDPO Olein dan *Oleum Maydis*.
2. Pengujian laboratorium untuk pembuatan bahan isolasi dengan mencampurkan minyak RBDPO Olein dan 0,01%wt, 0,5%wt, dan 0,1%wt *silica treated by silane*.

3. Pengujian laboratorium untuk pembuatan bahan isolasi dengan mencampurkan *Oleum Maydis* dan 0,01%wt, 0,5%wt, dan 0,1%wt *silica treated by silane*.
4. Mengukur tegangan tembus sesuai dengan standar pengujian minyak transformator.
5. Pengujian berlanjut untuk ketiga pengujian minyak dengan sampel yang sama.
6. Menentukan persentase optimal tegangan tembus yang diperoleh dari minyak kelapa sawit RBDPO Olein dan *Oleum Maydis* yang telah dicampur *silica treated by silane*.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, lingkup kerja, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori dasar yang berkaitan dengan tegangan tembus, mekanisme tegangan tembus serta dielektrik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang tempat, waktu, peralatan yang digunakan, rangkaian percobaan, prosedur pengujian, teknik pengambilan data dan pengolahan data yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir dan menjelaskan secara umum tentang proses penelitian yang akan dilakukan.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang uraian perhitungan-perhitungan serta analisa hasil dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan serta memberikan saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Marlia, "Effect of Surfactant on Breakdown Strength and Thermal Conductivity of Transformer Oil Nanofluids," Universiti Teknologi Malaysia, 2017.
- [2] A. Rajab, "Evaluasi Sifat Listrik Minyak Kelapa Sawit RBDPO Olein Sebagai Kandidat Minyak Isolasi Transformator Ramah Lingkungan," vol. 1, no. 28, pp. 26–29, 2007.
- [3] S. Grzybowski and M. Zahn, "Preparation of a Vegetable Oil-Based Nanofluid and Investigation of Its Breakdown and Dielectric Properties," vol. 28, no. 5, pp. 43–50, 2012.
- [4] D. Dwiputra, "Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [5] I. H. Zakaria, M. H. Ahmad, Y. Z. Arief, N. A. Awang, and N. A. Ahmad, "Characteristics of mineral oil-based nanofluids for power transformer application," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 1530–1537, 2017.
- [6] B. Wang, Y. A. O. Li, G. J. Chan, J. Chen, L. I. Min, and H. U. Yi, "Study on the Stability and Viscosity of Fe₃O₄ Nano-Particles Vegetable Insulating Oils," *Int. Conf. High Volt. Eng. Appl.*, pp. 2–5, 2012.
- [7] K. Leong, H. Mohd, S. Mohd, and N. Amer, "The effect of surfactant on stability and thermal conductivity of carbon nanotube based nanofluids," *Therm. Sci.*, vol. 20, no. 2, pp. 1–12, 2014.
- [8] H. Jin, *Dielectric Strength and Thermal Conductivity of Mineral Oil based Nanofluids*. 2015.
- [9] R. Sankarganesh, R. Shivakumar, and S. Chandrasekar, "Analysis of Partial Discharge Signal Characteristics of Nano-Mineral Oil for Transformer Condition Monitoring Applications," vol. 6, no. 7, pp. 341–344, 2016.

- [10] S. C. D. Prasad, "EFFECT OF NANO-SiO₂ PARTICLES ON PARTIAL DISCHARGE SIGNAL CHARACTERISTICS OF FR3 TRANSFORMER OIL," *Adv. Chem.*, vol. 13, no. January, pp. 5–14, 2017.
- [11] R. Kacaribu, "Pengaruh Pelapisan Dielektrik Minyak Pada Dielektrik Plastik Terhadap Tegangan Tembus," 2011.
- [12] D. K. Cahyaningrum, "Analysis of Characteristic Pre-Breakdown Voltage Phenomenon Based Experiment on Oil Insulation," pp. 1–51, 2017.
- [13] I. N. Anggraini and M. K. A. Rosa, "Analisa Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang," *Amplifier*, vol. 5, 2015.
- [14] Z. H. Shah and Q. a. Tahir, "Dielectric Properties of Vegetable Oils," *J. Sci. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 481–492, 2011.
- [15] T. V. Oommen, "Vegetable oils for liquid-filled transformers," *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 18, no. 1, pp. 6–11, 2002.
- [16] R. Setiawan and F. Murdiya, "Perancangan Alat dan Pengujian Tegangan Tembus dengan Minyak Isolasi RBDPO Olein Menggunakan Elektroda Bola-Bola," vol. 4, no. 2, pp. 1–14, 2017.
- [17] N. Azis, J. Jasni, M. Zainal, A. Ab, and M. N. Mohtar, "Suitability of Palm Based Oil as Dielectric Insulating Fluid in Transformers," vol. 9, no. 2, pp. 662–669, 2014.
- [18] B. A. Nugroho, "Pengaruh Persentasi Fenol Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Jagung," *SINGUDA ENSIKOM*, vol. 2, pp. 35–40, 2013.
- [19] H. Panjaitan and F. Murdiya, "KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS AC CAMPURAN MINYAK JAGUNG DAN MINYAK MINERAL SEBAGAI," vol. 5, pp. 1–11, 2018.
- [20] N. A. K. Umiati, "Pengujian Kekuatan Dielektrik Minyak Sawit Dan Minyak Castrol Menggunakan Elektrode Bola-Bola Dengan Variasi Jarak antar Elektroda dan Temperatur," *Transmisi*, vol. 11, pp. 23–36, 2009.

- [21] International Electrotechnical Commission, "Fluids for Electrotechnical applications- Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear," *Int. Stand.*, vol. 4.0, p. 43, 2012.
- [22] Y. Kunto Wibowo, Wahyu, "Analisis karakteristik breakdown voltage pada dielektrik minyak shell diala b pada suhu 30 0 c-130 0 c," *Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2011.
- [23] M. F. Prasetyo, Agung, A. Syakur, "Analisis Tegangan Tembus Minyak Kelapa sebagai Isolasi Cair pada Variasi Elektroda Uji," pp. 1–8, 2012.
- [24] M. F. Budiyanoro, Eko , A. Syakur, "Analisis Tegangan Tembus Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Sebagai Isolasi Cair dengan Variasi Elektroda Uji," pp. 1–9, 2011.
- [25] U. Melinda, "Pembuatan Silika Gel dari Campuran Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Serabut Kelapa Sawit dengan Pengaruh Komposisi Bahan Baku," pp. 1–44, 2015.
- [26] Y. Nakamura, Y. Nishida, T. Fukuda, S. Fujii, and M. Sasaki, "Mechanical properties of silane-treated silica particle-filled polyisoprene composites: Influence of the alkoxy group mixing ratio in silane coupling agent containing mercapto group," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 128, no. 4, pp. 2548–2555, 2013.
- [27] "INFLUENCE OF THE KINDS AND STRUCTURE OF SILANE COUPLING AGENT ON POLYMER GRAFTING MODIFICATON OF THE ULTRAFINE SILICON DIOXIDE SURFACE-- 《Journal of The Chinese Ceramic Society》 2004年05期." [Online]. Available: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GXYB200405007.htm. [Accessed: 11-Apr-2018].
- [28] T. Jesionowski and A. Krysztafkiewicz, "Influence of silane coupling agents on surface properties of precipitated silicas," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 172, no. 1–2, pp. 18–32, Mar. 2001.

- [29] X. Liu, Z. Ma, J. Xing, and H. Liu, "Preparation and characterization of amino-silane modified superparamagnetic silica nanospheres," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 270, no. 1–2, pp. 1–6, Mar. 2004.
- [30] G. D. Kalandro and M. S. . D. E. S. S. T. . M. E. Prof. Dr. Ir. T. Haryono, "DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) PADA MINYAK JAGUNG DAN MINYAK KELAPA SEBAGAI MINYAK TRAFO ALTERNATIF," 2014.
- [31] I. Fofana, H. Borsi, and E. Gockenbach, "Fundamental investigations on some transformer liquids under various outdoor conditions," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 8, no. 6, pp. 1040–1047, 2001.