

SKRIPSI

PENGARUH PENUAAN *THERMAL* MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER* YANG DIIMPREGNASI MINYAK MINERAL TERHADAP SUDUT KONTAK, TEGANGAN TEMBUS, DAN KEKUATAN MEKANIK



**Dibuat untuk Penelitian Dalam Rangka Penulisan Tugas Akhir di
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

SAHRUL GUNAWAN

NIM. 03041182025003

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

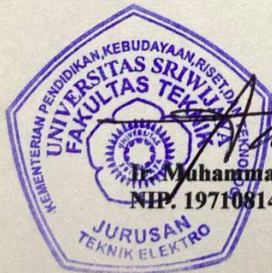
**PENGARUH PENUAAN *THERMAL* MATERIAL ISOLASI *SILICONE*
RUBBER YANG DIIMPREGNASI MINYAK MINERAL TERHADAP
SUDUT KONTAK, TEGANGAN TEMBUS,
DAN KEKUATAN MEKANIK**

Oleh:

**SAHRUL GUNAWAN
NIM. 03041182025003**

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

**Palembang, November 2024
Ketua Jurusan Teknik Elektro,**



**Dr. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU
NIP. 197106141999031005**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGARUH PENUAAN *THERMAL* MATERIAL ISOLASI *SILICONE*
RUBBER YANG DIIMPREGNASI MINYAK MINERAL TERHADAP
SUDUT KONTAK, TEGANGAN TEMBUS,
DAN KEKUATAN MEKANIK**

Oleh:

**SAHRUL GUNAWAN
NIM. 03041182025003**

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

**Palembang, November 2024
Dosen Pembimbing,**



**Ir. Dwirina Yuniarti, M.T.
NIP. 196106181989032003**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sahrul Gunawan
Nomor Induk Mahasiswa : 03041182025003
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarism (*Turnitin*) : 16%

Dengan ini menyatakan karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Penuaan *Thermal Material* Isolasi *Silicone Rubber* yang Diimpregnasi Minyak Mineral Terhadap Sudut Kontak, Tegangan Tembus dan Kekuatan Mekanik”, 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 kesadaran dan tanpa paksaan.

Palembang, November 2024
Yang Menyatakan,



Sahrul Gunawan
NIM. 03041182025003

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 : Ir. Dwirina Yuniarti, M.T. _____

Tanggal : November 2024 _____

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang syafa'atnya kita harapkan di kemudian hari.

Alhamdulillah atas berkat ridho dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik yang berjudul “Pengaruh Penuaan *Thermal Material* Isolasi *Silicone Rubber* yang Diimpregnasi Minyak Mineral Terhadap Sudut Kontak, Tegangan Tembus dan Kekuatan Mekanik”. Adapun skripsi ini merupakan sebuah karya ilmiah yang dibuat sebagai syarat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya agar mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Skripsi ini disusun berdasarkan kajian literatur, studi pustaka terkait, serta eksperimen dan pengumpulan data langsung di Laboratorium Electrical Energy and Safety. Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas skripsi ini di masa mendatang.

Palembang, November 2024



Sahrul Gunawan
NIM. 03041182025003

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ilmiah skripsi ini saya dedikasi dan persembahkan, sebagai penghargaan, dan rasa hormat saya kepada:

- Iwan Setiawan (Ayah), Ibu Fatima (Ibu), Kakak Leswita dan keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan ini;
- Ibu Ir. Dwirina Yuniarti, M.T., Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D. Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M Eng., Ph.D., Bapak Dr. Djulil Amri, S.T., M.T, dan Dr. Ir. Syarifa Fitria S.T yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi;
- Rektor Universitas Sriwijaya Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si.;
- Dekan Fakultas Teknik Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.;
- Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU selaku ketua jurusan, Bapak dan Ibu dosen-dosen serta administrasi dan akademik Jurusan Teknik Elektro;
- Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T, M.S. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan waktu dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan dalam waktu 4 tahun (2020 - 2024) ini;
- Pranata dan senior di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik (TTTPL) Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Bapak Lukmanul Hakim, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., dan Kak Ferlian Seftianto, S.T., M.Kom.;

- Salsyah Wira Hamada br Pane S.T. sebagai salah satu orang yang senantiasa memberikan dukungan moral dan menemani penulis selama menyusun hingga menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.
- Temen-teman seperjuangan, seluruh anggota Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Besaran Listrik Angkatan 2020 yaitu Raga, Fadlu, Bhanunasmī, Elam, Meiwa, Muthia, Aldhi, Rangga, Adziin, Ridwan, Ryan, Hilman, Dery, Iqbal, Aldo, Rama, Ravi, Kurniawan, Lutfi, Eric, Trio, Ahmed, dan Mozmail yang telah terlibat dan mendukung penelitian;
- Sahabat kosan Ridho, Iqbal Fahlefi, Muhammad Iqbal, Adib, Dery, Trio, Fadlu dan Aldo.
- Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2020, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya;
- Pihak-pihak yang telah mendukung penulis selama menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis berdoa kepada Allah SWT, semoga diberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, November 2024



Sahrul Gunawan
NIM. 03041182025003

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Sahrul Gunawan
Nomor Induk Mahasiswa : 03041182025003
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Jenis Karya : 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 Penuaan *Thermal* Material Isolasi *Silicone Rubber* Yang Diimpregnasi Minyak Mineral Terhadap Sudut Kontak, Tegangan Tembus dan Kekuatan Mekanik” 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.



Palembang, November 2024
 yang Menyatakan,


Sahrul Gunawan
NIM. 03041182025003

ABSTRAK

PENGARUH PENUAAN *THERMAL* MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER* YANG DIIMPREGNASI MINYAK MINERAL TERHADAP SUDUT KONTAK, TEGANGAN TEMBUS, DAN KEKUATAN MEKANIK

(Sahrul Gunawan, 03041182025003, 2024, xxi + 47 halaman + lampiran)

Penelitian ini membahas tentang pengaruh penuaan thermal *silicone rubber* yang diimpregnasi didalam minyak mineral. Pengujian dilakukan terhadap sampel *silicone rubber* yang diimpregnasi didalam minyak mineral pada temperatur 40°C dan 80°C untuk waktu selama 72 jam, sebagai perbandingan dilakukan juga pengujian terhadap sampel *silicone rubber* untuk melihat pengaruh penuaan termal. Sampel dibuat dalam bentuk sheet dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 50 mm dan tebal 1 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik. Pengukuran sudut kontak, tegangan tembus, dan kekuatan mekanik pada *silicone rubber* tanpa pengkondisian mendapatkan nilai 101,4°, 30,6 kV dan 1,3487629 Kg.f/mm². Pada pengondisian tempeatur 40°C nilai sudut kontak, tegangan tembus, dan kekuatan mekanik yang didapat sebesar 93,4°, 26,2, kV dan 0,6001237 Kg.f/mm². Kemudian pada pengondisian temperatur 80°C nilai sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik yang didapat sebesar 83,2°, 20,4 kV dan 0,3864433° Kg.f/mm². Dari hasil pengukuran sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik dapat dilihat bahwa temperatur berpegaruh pada nilai sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik. Hal ini dapat dilihat pada sampel dengan pengondisian temperatur 80°C terjadi penurunan nilai sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik yang signifikan jika dibandingkan dengan sampel *silicone rubber*.

Kata Kunci: *silicone rubber*, *Penuaan thermal*, Sudut kontak, Tegangan tembus, Kekuatan mekanik.

ABSTRACT

THE EFFECT OF THERMAL AGING OF MINERAL OIL IMPREGNATED SILICONE RUBBER INSULATION MATERIALS ON CONTACT ANGLE, BREAKAGE VOLTAGE, AND MECHANICAL STRENGTH

(Sahrul Gunawan, 03041182025003, 2024, xxi + 47 pages + appendices)

This thesis reports the effect of thermal aging of mineral oil-impregnated Silicone Rubber. Tests were carried out on samples of silicone rubber impregnated with mineral oil at temperatures of 40°C and 80°C for 72 hours. As a comparison, tests were also carried out on samples of silicone rubber to see the effect of thermal aging. The samples were made in sheet form with a length of 50 mm, width 50 mm and thickness 1 mm. The tests carried out were measurements of contact angle, breakdown voltage and mechanical strength. Measurements of the contact angle, breakdown voltage and mechanical strength of untreated silicone rubber obtained values of 101.4°, 30.6 kV and 1,3487629 Kg.f/mm². At a temperature of 40°C, the contact angle, breakdown voltage and mechanical strength values obtained were 93.4°, 26.2 kV and 0,6001237 Kg.f/mm². Then, at a temperature of 80°C, the contact angle, breakdown voltage and mechanical strength obtained were 83.2°, 20.4 kV and 0,3864433 Kg.f/mm². From the test results for angles, breakdown voltage and mechanical strength, it can be seen that temperature has an effect on the contact angle values, breakdown voltage and mechanical strength. This can be seen in samples with temperature conditioning of 80°C, there is a significant decrease in the value of contact angle, breakdown voltage and mechanical strength when compared to silicone rubber samples.

Keywords: Silicone Rubber, Thermal Aging, Breakdown Voltage, Tensile Strength, contact angle.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR PERSAMAAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
NOMENKLATUR	xx
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Hipotesis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5

2.1	Isolator	5
2.2	Isolator Polimer.....	6
2.3	<i>Silicone Rubber</i>	6
2.4	Penuaan (<i>aging</i>) pada material <i>Silicone Rubber</i>	7
	2.4.1 Kondisi Lingkungan	8
	2.4.2 Sinar Ultraviolet (UV).....	8
	2.4.3 Kelembaban	8
	2.4.4 Temperatur.....	9
2.5	Kekuatan Dielektrik	9
2.6	Tegangan Tembus (<i>Breakdown Voltage</i>)	10
2.7	Hidrofobitas dan Sudut Kontak (<i>Contact Angle</i>).....	11
2.8	Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat.....	12
	2.8.1 Kegagalan Asasi (Intrinsik)	13
	2.8.2 Kegagalan Elektromagnetik.....	13
	2.8.3 Kegagalan Steamer.....	13
	2.8.4 Kegagalan <i>Thermal</i>	14
	2.8.5 Kegagalan Erosi	14
2.9	Uji Tarik	15
2.10	Penelitian Sebelumnya	16
BAB III METODOLOGI DAN EKSPERIMENTAL		22
3.1	Pendahuluan	22
3.2	Metode Penelitian.....	22
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.4	Bahan yang digunakan	25

3.4.1	<i>Silicone Rubber</i> dan Katalis.....	25
3.4.2	Minyak Mineral.....	25
3.5	Peralatan yang digunakan.....	26
3.5.1	Transformator Tegangan Tinggi Bolak Balik.....	26
3.5.2	<i>Vacum Drying Oven</i>	26
3.5.3	Neraca Digital	27
3.5.4	Jangka Sorong Digital	27
3.5.5	Bejana Minyak	27
3.5.6	Pipet Tetes.....	28
3.5.7	<i>Tokyo Testing Machine</i>	28
3.6	Sistem Elektroda	28
3.7	Pembuatan Sampel	29
3.7.1	Sampel uji tegangan tembus dan sudut kontak	29
3.7.2	Sampel uji kekukatan mekanik	31
3.8	Bejana Galvanis	32
3.9	Exprimen Setup.....	32
3.9.1	Rangkaian Pengukuran	32
3.9.2	Prosedur Pengukuran.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.2.1	Data Hasil Pengukuran sudut kontak	39
4.2.2	Data Hasil Pengujian tegangan tembus Tanpa Pengisi atau Kontrol	41
4.2.3	Data Hasil Pengukuran Kekuatan Mekanik.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumus kimia silicone rubber	7
Gambar 2.2 Mekanisme kegagalan isolasi padat	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2 a. Silicone Rubber b	25
Gambar 3.3 Minyak Mineral.....	26
Gambar 3.4 Vacum Drying Oven	27
Gambar 3.5 Naraca Digital	27
Gambar 3.6 Tokyo testing machine	28
Gambar 3. 7 Sistem elektroda pengujian sampel	29
Gambar 3.8 Alur proses Pembuatan Sampel	30
Gambar 3.9 Alur proses pembuatan sampel	31
Gambar 3.10 Bejana Galvanis	32
Gambar 3.11 Tahapan proses pengukuran sudut kontak	33
Gambar 3.12 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus	34
Gambar 3.13 a. Kondisi awal; b. Kondisi Ketika uji tarik; c. Kondisi Terputus (uji tarik selesai)	35
Gambar 4.1 Perbandingan nilai sudut kontak tanpa pengisi terhadap temperatur sampel	40
Gambar 4.2 Perbandingan nilai tegangan tembus tanpa pengisi terhadap temperatur sampel	42
Gambar 4.3 Perbandingan nilai kekuatan mekanik tanpa pengisi terhadap temperatur sampel	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan riset	16
Tabel 3.1 Spesifikasi dimensi sistem elektroda	29
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran sudut kontak	39
Tabel 4.2 Data hasil pengujian tegangan tembus.....	41
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran kekuatan mekanik.....	43

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	10
Persamaan 2.2	11
Persamaan 2.3	11

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
- Lampiran 2 Pengukuran Rata-Rata Sisi Sampel Uji
- Lampiran 3 Data Hasil Pengukuran
- Lampiran 4 Pengolahan Data Hasil pengukuran
- Lampiran 5 Rekaman Pengukuran Nilai Sudut Kontak Menggunakan
Software ImageJ
- Lampiran 6 Lampiran Plagiarisme Turnitin
- Lampiran 7 Sulirt/usept

NOMENKLATUR

E	= Kekuatan dielektrik (kV/mm)
V_{bd}	= Tegangan tembus dielektrik (kV)
h	= Ketebalan dielektrik (mm)
V_s	= Tegangan tembus dalam keadaan normal (Volt)
V_b	= Tegangan tembus sebenarnya (Volt)
δ	= Faktor koreksi udara (mmHg/°C)
p	= Tekanan udara (mmHg)
θ	= Suhu ruangan saat pengujian
P	= Gaya yang diberikan pada specimen (Kg.f /N)
A	= Luas penampang specimen (mm ²)
σ	= tensile strength (Kg.f/mm ²)
w	= P beban yang diberikan pada specimen (N)
g	= Percepatan gravitasi bumi (9,8 N atau 9,8 f)

DAFTAR ISTILAH

<i>silicone rubber</i>	= Karet Silikon
<i>flashover</i>	= Loncatan bunga api listrik
<i>thermal</i>	= Temperatur panas
<i>contact angle</i>	= Sudut Kontak
<i>spark over</i>	= Pelepasan Busur
<i>aging</i>	= Penuaan
<i>humidity</i>	= Kelembaban
<i>Breakdown voltage</i>	= Tegangan Tembus
<i>short circuit</i>	= Hubungan Singkat
<i>void</i>	= Rongga Udara
<i>sheet</i>	= Lembaran
<i>ultimate tensile strebght</i>	= Kekuatan Tarik
<i>Catalyst</i>	= Pengeras
<i>Hydrofobic</i>	= Kedap Air
<i>Grounding</i>	= Pentanahan
<i>Temperature</i>	= Suhu
<i>Mineral oil</i>	= Minyak mineral

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bushing transformator berfungsi untuk penopang konduktor pada badan transformator, juga mengisolir konduktor tersebut agar arus tidak mengalir ke badan transformator. *Bushing* harus sangat handal karena salah satu faktor utama penyebab pemadaman pada transformator daya adalah kegagalan *bushing* [1]. Penggunaan lapisan *silicone rubber room temperature vulcanized* (RTV) menjadi pilihan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi *bushing* transformator. Oleh karena itu kebutuhan material RTV sebagai isolasi semakin meningkat di seluruh dunia [2]. Keunggulan utama *silicone rubber* RTV adalah karakteristik hidrofobitasnya yang baik sehingga dapat mengurangi arus bocor dan *flashover*, bahkan ketika berada dalam kondisi basah dan tercemar [3].

Yang *et.al* (2023) melaporkan bahwa *silicone rubber* RTV merupakan lapisan yang digunakan pada *bushing* transformator dapat bersentuhan dengannya minyak mineral *transformator* dan menurunkan kinerjanya karena bersifat organik *silicone rubber* RTV mudah terdegradasi. Kesalahan pada *bushing* atau sambungan ujung logam yang terlalu panas dapat menyebabkan *silicone rubber* RTV terkena minyak mineral. *Silicone rubber* RTV terdegradasi secara signifikan oleh minyak *transformator*, yang mengarah pada penurunan kekerasan dan tahan temperatur rendah [4].

M. Van Dijk melaporkan bahwa kisaran temperatur pengoperasian *transformator* bervariasi dari 40°C hingga 80°C dan bergantung pada bebannya [5]. Meskipun pengoperasian pada temperatur 40°C tidak langsung menimbulkan risiko pada peralatan, hal ini secara bertahap dapat mempengaruhi kinerja *silicone rubber* RTV. Viskositas minyak mineral

meningkat pada temperatur rendah, sehingga memperlambat laju alirannya dan menghambat kemampuannya untuk membuang panas. Hal ini dapat berdampak negatif pada komponen isolasi transformator seperti *silicone rubber* [6]. Pada saat beban melebihi 150% dari beban tetap, yang mengakibatkan temperatur tertinggi 80°C pada belitan dan oli bagian transformator. Hal ini dapat menyebabkan degradasi yang signifikan pada bahan isolasi *silicone rubber RTV*, yang bersentuhan langsung atau tidak langsung dengan minyak transformator selama pengoperasian [7]. *Bushing* juga harus dirancang untuk menahan beban mekanik seperti berat transformator dan gaya-gaya yang dapat terjadi selama pengangkutan, instalasi, atau guncangan eksternal. *Bushing* harus kuat secara mekanis untuk mencegah kerusakan fisik yang dapat mempengaruhi fungsinya sebagai isolator. Hasil penelitian ini melaporkan pengukuran sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik degradasi *silicone rubber RTV* yang telah direndam didalam minyak mineral kemudian dipanaskan pada temperatur yang berbeda 40°C dan 80°C untuk waktu selama 72 jam menggunakan oven.

1.2 Rumusan Masalah

Isolasi *silicone rubber* seiring bertambahnya waktu akan mengalami penuaan atau *aging* salah satunya adalah penuaan *thermal* akibat temperatur yang cukup tinggi. Dalam penelitian ini penuaan *thermal* disimulasikan dengan merendam material isolasi *silicone rubber* didalam minyak mineral yang dipanaskan hingga mencapai temperatur 40°C dan 80°C untuk waktu selama 72 jam masing-masing pada temperatur yang berbeda. Studi ini dilakukan untuk mengetahui besaran nilai sudut kontak, tegangan tembus dan kekuatan mekanik setelah diberi perlakuan penuaan *thermal* pada material isolasi *silicone rubber*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai sudut kontak (*contact angle*) dengan perlakuan *thermal*.
2. Mendapatkan nilai tegangan tembus dari material isolasi *silicone rubber* setelah direndam didalam minyak mineral, pada temperatur yang berbeda.
3. Mengetahui kekuatan mekanik pada material isolasi *silicone rubber* dan setelah proses penuaan.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel material isolasi jenis *silicone rubber* yang diberi perlakuan penuaan *thermal* untuk waktu selama 72 jam masing-masing pada temperatur yang berbeda.

1. Dalam studi ini sampel digunakan berupa isolasi polimer jenis *silicone rubber* RTV 497 berbentuk lembaran dengan dimensi yang berukuran 50 mm x 50 mm x 1 mm.
2. Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda jarum-piring.
3. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran sudut kontak (*contact angle*) kekuatan tegangan tembus dan kekuatan mekanik dari material isolasi *silicone rubber*.

1.5 Hipotesis

Penelitian ini adalah penuaan *thermal* akibat impregnasi yang dipanaskan hingga mencapai temperatur 80° *celcius* akan berpegaruh terhadap sudut kontak, tegangan tembus, dan kekuatan mekanik dari material isolasi *silicone rubber*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Hashemnia, A. Abu-Siada, and S. Islam, "Detection of power transformer bushing faults and oil degradation using frequency response analysis," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 23, no. 1, pp. 222–229, 2016, doi: 10.1109/TDEI.2015.005032.
- [2] X. Wen *et al.*, "Effect of transformer oil on room temperature vulcanized silicone rubber," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 24, pp. 2337–2343, Jan. 2017, doi: 10.1109/TDEI.2017.006497.
- [3] E. Insulation, "Silicone HV Insulation," *October*, vol. 6, no. 5, pp. 695–702, 1999.
- [4] Y. Yan *et al.*, *Effect of Mineral Oil on Electrical Properties of HTV Silicone Rubber under Thermal and AC Corona Aging*. 2019. doi: 10.1109/CEIDP47102.2019.9009874.
- [5] M. Van Dijk, "A theoretical approach towards digital twins," no. January, 2022.
- [6] S. Karambar and S. Tenbohlen, "Compatibility study of silicone rubber and mineral oil," *Energies*, vol. 14, no. 18, 2021, doi: 10.3390/en14185899.
- [7] D. Wang *et al.*, "Influence of metal transformer materials on oil-paper insulation after thermal aging," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 26, no. 2, pp. 554–560, 2019, doi: 10.1109/TDEI.2018.007546.
- [8] M. Z. Saleem and M. Akbar, "Review of the Performance of High-Voltage Composite Insulators," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 3, 2022, doi: 10.3390/polym14030431.
- [9] L. Bazli *et al.*, "Electrical properties of polymer blend composites based on Silicone rubber/EPDM/clay for high voltage insulators," *J.*

- Compos. Compd.*, vol. 2, no. 5, pp. 18–24, 2021, doi: 10.52547/jcc.3.1.3.
- [10] H. Yang, Z. Wu, W. Dong, J. Dang, and H. Ren, “Analysis of the influence of silicone rubber aging on the transmission parameters of terahertz waves,” *Energies*, vol. 14, no. 14, 2021, doi: 10.3390/en14144238.
- [11] M. T. Nazir *et al.*, “Flame retardancy and excellent electrical insulation performance of RTV silicone rubber,” *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 17, pp. 1–6, 2021, doi: 10.3390/polym13172854.
- [12] M. Amin, M. Akbar, and M. N. Khan, “Aging Investigations of Polymeric Insulators: Overview and Bibliography,” *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 23, no. 4, pp. 44–50, 2007, doi: 10.1109/MEI.2007.386482.
- [13] Z. Zhijin, L. Tian, J. Xingliang, L. Chen, Y. Shenghuan, and Z. Yi, “Characterization of Silicone Rubber Degradation under Salt-Fog Environment with AC Test Voltage,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 66714–66724, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2917700.
- [14] H. Yang, R. Wen, H. Zhao, M. Guo, L. Zhang, and Y. Chen, “Study on ageing characteristics and evaluation methods of RTV silicone rubber in high humidity area,” *PLoS One*, vol. 16, no. 6, p. e0251092, Jun. 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251092>
- [15] D. kin. and H. Karner, *High Voltage Insulation Technology*. 2008.
- [16] Aslimeri, Ganeferi, and Z. Hamdi, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 2 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*. 2013.
- [17] T. Nazir *et al.*, “Enhanced fire retardancy with excellent electrical breakdown voltage, mechanical and hydrophobicity of silicone

- rubber/aluminium trihydroxide composites by milled glass fibres and graphene nanoplatelets,” *Surfaces and Interfaces*, vol. 35, p. 102494, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.surfin.2022.102494.
- [18] Q. Cong, X. Qin, T. Chen, J. Jin, C. Liu, and M. Wang, “Research Progress of Superhydrophobic Materials in the Field of Anti-/De-Icing and Their Preparation: A Review,” *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 14, 2023, doi: 10.3390/ma16145151.
- [19] M. S. Naidu, *High-Voltage Engineering*, vol. 5. 2013.
- [20] A. Kadir and M. Saputra, “Analisa Kekuatan Tarik dan Densitas Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Telur,” *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, Jul. 2015, doi: 10.33772/djitm.v5i1.288.
- [21] M. Paul, P. Mishra, D. N. Vangapandu, M. Mondal, A. Paramane, and M. Tariq Nazir, “Thermal Ageing Characteristics of Silicone Rubber Exposed to Mineral Oil,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 788010, pp. 1–10, 2023, doi: 10.1109/TDEI.2023.3282915.
- [22] B. Du, Y. Hou, X. Kong, C. Zhang, X. Chen, and Q. Fu, “On the Dielectric Properties of Liquid Silicone Rubber under Different Thermal Aging State for Dry-type Transformer,” *2023 IEEE 4th Int. Conf. Electr. Mater. Power Equipment, ICEMPE 2023*, pp. 8–11, 2023, doi: 10.1109/ICEMPE57831.2023.10139618.
- [23] H. Of, L. O. W. Over, and P. B. M. R. Chamani, “C Characteristics of S Kimming F Low Over,” vol. 126, no. APRIL, pp. 361–368, 1999.
- [24] Y. Xia, X. Song, Z. Jia, and X. Wang, “Mechanism and quantitative characterization of color fading phenomenon of HTV composite insulators silicone rubber,” *Proc. IEEE Int. Conf. Prop. Appl. Dielectr. Mater.*, vol. 2018-May, pp. 748–751, 2018, doi: 10.1109/ICPADM.2018.8401132.

- [25] J. Zhao, L. Zheng, B. Yan, Y. Wang, L. Mu, and L. Lan, "Study on Corona Aging of Room Temperature Vulcanized Silicone Rubber," *2019 3rd IEEE Conf. Energy Internet Energy Syst. Integr. Ubiquitous Energy Netw. Connect. Everything, EI2 2019*, pp. 2787–2791, 2019, doi: 10.1109/EI247390.2019.9061941.
- [26] T. P. S. Indonesia, "'Shell Diala - Pelumas Trafo Untuk Industri,'" https://www.shell.co.id/in_id/konsumen-bisnis/lubricants-for-business/lubricants-product-range/shell-diala-electrical-oils.html