

SKRIPSI

UNJUK KERJA SILICONE RUBBER (SiR) YANG DIBERI BAHAN PENGISI NANOFILLER SIO₂ DIBAWAH APLIKASI TEGANGAN AC



**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:
MUHAMMAD GUSTIRA PRATAMA
NIM 03041281621059

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**UNJUK KERJA SILICONE RUBBER (SiR) YANG DIBERI
BAHAN PENGISI NANOFILLER SIO₂ DIBAWAH
APLIKASI TEGANGAN AC**

Oleh :
Muhammad Gustira Pratama
NIM 03041281621059

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, Agustus 2020
Ketua Jurusan Teknik Elektro,


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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**UNJUK KERJA SILICONE RUBBER (SiR) YANG DIBERI
BAHAN PENGISI NANOFILLER SIO₂ DIBAWAH
APLIKASI TEGANGAN AC**

Oleh :
Muhammad Gustira Pratama
NIM 03041281621059

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

Palembang, Agustus 2020

Dosen Pembimbing Utama,



**Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.
NIP. 198705312008122002**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Gustira Pratama
Nomor Induk Mahasiswa : 03041281621059
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Persentase Plagiarisme
(*Turnitin*) : 10 %

Menyatakan bahwa,

Karya Ilmiah berupa skripsi dengan judul “*Unjuk Kerja Silicone Rubber (SiR) Yang Diberi Bahan Pengisi Nanofiller SIO₂ Dibawah aplikasi Tegangan AC*” merupakan karya saya sendiri dan benar keasliannya.

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan

Palembang, Agustus 2020

Yang Menyatakan,



Muhammad Gustira Pratama

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 : RIDA FITRI KURNIA, ST, MENG.

Tanggal

: 1 Agustus 2020

KATA PENGANTAR

Segala puji penyusun haturkan kehadiran Allah SWT yang atas rahmatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Unjuk kerja *silicone rubber* (SiR) yang diberi bahan pengisi *nanofiller* SiO₂ dibawah aplikasi tegangan AC”.

Skripsi ini dibuat guna menenuhi persyaratan pendidikan di Universitas Sriwijaya. Dalam menyusun skripsi penyusun mengalami beberapa kesulitan dan tantangan akan tetapi berkat dukungan dari banyak pihak penyusun dapat mengatasi kesulitan tersebut.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan didalamnya baik dalam kualitas penelitian maupun tata penulisan yang dilakukan. Oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan saran dari berbagai pihak untuk meningkatkan kualitas skripsi ini.

Disadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, terdapat kekurangan-kekuangan, baik kualitas maupun kuantitas tata tulis ataupun bahan observasi yang ditampilkkan. Oleh karena itu saran dan masukan yang berguna untuk meningkatkan kualitas skripsi ini sangat diharapkan.

Akhir kata penyusun mengucapkan terima kasih atas dukungan yang telah diberikan dan semoga dapat menjadi amal kebaikan dihadapan tuhan yang maha esa. Kami berharap skripsi ini dapat menjadi ladang ilmu dan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama di bidang teknik elektro.

Palembang, Agustus 2020

Muhammad Gustira Pratama

HALAMAN PERSEMPAHAN

Karya Ilmiah skripsi ini saya dedikasikan dan persembahkan, sebagai penghargaan dan rasa hormat saya kepada:

- ✓ Papa Gusti Agung Talmansyah S.E dan mama Juniar Herawati S.Pd, serta Adik kandung saya Shinta Dwi Anugrah, dan juga seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan untuk kesuksesan pendidikan saya ;
- ✓ Dosen Pembimbing utama Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.;
- ✓ Dosen Pembimbing Prof. Ir H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.;
- ✓ Rektor Unsri Prof. Dr. Ir. H Anis Saggaf, MSCE dan Dekan Fakultas Teknik Prof. Ir Subriyer Nasir, M.S, Ph.D.;
- ✓ Ketua Jurusan Teknik Elektro Muhamad Abu Bakar Sidiq, S.T., M.Eng, Ph.D. dan Dosen Pembimbing Akademik ibu Ir. Sri Agustina, M.T;
- ✓ Laboran Pranata,Senior dan semua Rekan Sejawat di Laboratorium *Safety and Energy* Universitas Sriwijaya : Dr. Syarifah Fitriani S.T., M.T. Lukmanul Hakim, S.T. , Kak Intan Dwi, Mba Intan Mustika, Kak Ferlian, Kak Rafi, Gilang, Addien, Gomgom, Fikri, Zen, Ejak, Noval, Yadi, Firhan;
- ✓ Pihak-pihak yang telah membantu selama saya melaksanakan tugas akhir ini yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu

Saya Berdoa kepada Allah SWT agar Memberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan

Bumi Sriwijaya, Agustus 2020

Muhammad Gustira Pratama

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Gustira Pratama
NIM : 03041281621059
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul, “Unjuk Kerja Silicone Rubber (SiR) Yang Diberi Bahan Pengisi Nanofiller SIO₂ Dibawah Aplikasi Tegangan AC” beserta perangkat yang ada.

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palembang
Pada tanggal : Agustus 2020
Yang menyatakan,



Muhammad Gustira Pratama

ABSTRAK

UNJUK KERJA SILICONE RUBBER (SiR) YANG DIBERI BAHAN PENGISI NANOFILLER SiO_2 DIBAWAH APLIKASI TEGANGAN AC

(Muhammad Gustira Pratama, 03041281621059, 2020, xix + 42 Hal + Lampiran)

Skripsi ini mengenai karakteristik tegangan tembus material isolasi SiR yang diberi bahan pengisi SiO_2 . Pemberian bahan pengisi SiO_2 untuk meningkatkan kekuatan dielektrik material isolasi SiR ketika mengalami stress tegangan. Variasi konsentrasi SiO_2 yang diberikan pada material isolasi SiR adalah 1%, 2% dan 3% terhadap berat total sampel. Sampel dibuat berbentuk lembaran dengan ketebalan 1 mm, dan berukuran $5 \times 5 \text{ cm}^2$. Pengujian dilakukan menggunakan elektroda jarum-piring. Pengukuran PDIV diawali dengan mengatur jarak sela antara jarum dan sampel sebesar 1 mm. Aplikasi tegangan tinggi dilakukan dengan melalui regulator tegangan pada transformator tegangan tinggi bolak-balik (HVAC) dengan laju kenaikan sebesar 100 volt/detik sampai dengan terjadinya *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV). Pengukuran tegangan tembus dilakukan dengan menaikkan tegangan aplikasi hingga terjadinya embus sempurna (*Complete Breakdown*). Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan kenaikan nilai PDIV dan V_{BD} tertinggi terjadi pada konsentrasi *filler* 2 % SiO_2 yaitu masing-masing sebesar 18,221 % dan 11,2 % atau masing-masing mengalami kenaikan tegangan PDIV dan V_{BD} sebesar 0,4399 kV dan 0,3959 kV. Kenaikan tegangan PDIV dan V_{BD} pada konsentrasi *filler* 2% SiO_2 merupakan kenaikan optimum hal ini diperlihatkan dengan adanya penurunan tegangan PDIV dan V_{BD} apabila konsentrasi *filler* ditingkatkan menjadi 3% SiO_2 sehingga dapat dikatakan jika bahan pengisi ditambahkan melebihi titik optimum maka kinerja SiR akan cenderung menjadi turun. Penurunan kemampuan dalam menahan stress tegangan ini diakibatkan karena komposisi bahan utama (SiR) yang kurang dan bahan pengisi SiO_2 yang tidak dapat tercampur dengan baik.

Kata Kunci : *Silicone Rubber, Silikon Dioksida, Partial Discharge Inception Voltage, Breakdown Voltage*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Indralaya, Agustus 2020
Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama,



Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.
NIP. 198705312008122002

ABSTRACT

PERFORMANCE OF THE SILICONE RUBBER (SiR) FILLED WITH SiO_2 NANOFILLER UNDER AC VOLTAGE APPLICATION

(Muhammad Gustira Pratama, 03041281621059, 2020, xix + 42 Pages + Appendices)

This thesis discuss about the result of breakdown stress on insulation material (SiR) with added filler of SiO_2 . The addition filler of SiO_2 to insulation material (SiR) intended to increase dielectric strength for insulation material against voltage stress. The concentration of SiO_2 which given to insulation material is about 1 %. 2% and 3% SiO_2 of total weight sample. Sample were made in sheet form with a thickness of 1 mm, and Sample size is about $5 \times 5 \text{ cm}^2$. This research was tested in needle-plate electrode configuration. PDIV measurement begins by adjusting the gap between needle electrode and sample by 1 mm. The voltage regulator within High Voltage Alternating Current (HVAC) was used to adjusting the voltage increase rate of 100 Volt/second until Partial discharge inception voltage (PDIV) occurs. And then the measurement of breakdown voltage is carried out by increasing the voltage until a complete breakdown occurs. The result showed the highest increase in PDIV and V_{BD} value is at concentration 2 % SiO_2 which is respectively 18,221 % and 11,2 % or the PDIV and V_{BD} values increased by 0.4399 kV and 0.3959 kV. Concentration 2% SiO_2 is the point where the increase in PDIV and V_{BD} values reach its optimum value. This is shown by a decrease in PDIV and V_{BD} value when the concentration is increased to 3% SiO_2 . So it can be said that if the concentration of filler was added beyond the saturation limit, the SiR performance will tend to decrease. The decrease in the ability to withstand voltage stress can be caused due to reduced composition of the main ingredient (SiR) and the SiO_2 filler which cannot be mixed properly.

Key words: Silicone Rubber, Silicone Dioxide, Partial Discharge Inception Voltage, Breakdown Voltage

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Indralaya, Agustus 2020
Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama,



Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng.
NIP. 198705312008122002

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN | iv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| HALAMAN PERSEMPAHAN | vii |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | viii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| NOMENKLATUR | xvii |
| DAFTAR ISTILAH | xviii |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II | 6 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Bahan Isolasi..... | 6 |
| 2.2 Polimer..... | 8 |
| 2.3 <i>Silicone Rubber</i> | 9 |
| 2.4 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)..... | 11 |
| 2.5 Silicone Dioxide (SiO ₂) | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6 Kuat Dielektrik..... | 13 |
| 2.7 Penelitian Sebelumnya..... | 13 |
| BAB III | 16 |
| METODE PENELITIAN..... | 16 |
| 3.1 Pendahuluan..... | 16 |
| 3.2 Bagan Alir Penelitian | 17 |
| 3.3 Bahan dan peralatan penelitian | 18 |
| 3.4 Cara Pembuatan Sampel | 25 |
| 3.4.1 Bahan dan Komposisi..... | 25 |
| 3.4.2 Proses Pencampuran..... | 25 |
| 3.4.3 Proses Pencetakan | 26 |
| 3.4.4 Pemilihan Sampel..... | 27 |
| 3.5 Rangkaian Pengukuran | 27 |
| 3.5.1 Sistem Elektroda Pengukuran | 27 |
| 3.5.2 Rangkaian Pengukuran PD dan tegangan tembus | 28 |
| 3.6 Prosedur Pengukuran | 30 |
| 3.6.1 Prosedur Pengukuran PD <i>Inception Voltage</i> dan <i>Breakdown Voltage</i> | 30 |
| 3.6.2 Prosedur pemetaan perubahan struktur permukaan pada sampel | 31 |
| 3.7 Teknik Pengambilan Data..... | 31 |
| BAB IV | 33 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 33 |
| 4.1 Umum | 33 |
| 4.2 Hasil Pengukuran | 33 |
| 4.3 Diskusi | 36 |

| | |
|-----------------------------|----|
| BAB V | 39 |
| PENUTUP | 39 |
| 5.1 Kesimpulan | 39 |
| 5.2 Saran..... | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | 40 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Perbandingan konduktivitas termal dan koefisien dari ekspansi termal pada berbagai macam material di suhu ruangan | 12 |
| Tabel 2. 2 Penelitian- penelitian sebelumnya yang terkait dengan studi yang akan dilakukan..... | 14 |
| Tabel 4. 1 Hasil pengukuran PDIV dan breakdown voltage pada jarak sela 1 mm pada material isolasi SiR + SiO ₂ | 34 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Struktur kimia <i>polydimethylsiloxane</i> | 10 |
| Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian..... | 17 |
| Gambar 3. 2 <i>Silicone rubber RTV 497</i> beserta catalyst..... | 18 |
| Gambar 3. 3 Bahan pengisi <i>silikon dioksida</i> merek wacker HDK N20 pyrogenic silika berukuran 16 nm..... | 18 |
| Gambar 3. 4 Timbangan digital..... | 19 |
| Gambar 3. 5 Pompa kompresor dan bejana vakum | 20 |
| Gambar 3. 6 Transformator tegangan tinggi AC..... | 20 |
| Gambar 3. 7 <i>High Voltage Probe</i> tipe Tetrox P6015A | 21 |
| Gambar 3. 8 <i>Picoscope 4000series</i> | 22 |
| Gambar 3. 9 Tahanan tegangan tinggi pembatas arus | 22 |
| Gambar 3. 10 Mikroskop | 23 |
| Gambar 3. 11 <i>Pearson Current Monitor</i> model 411 | 24 |
| Gambar 3. 12 Jangka sorong digital | 24 |
| Gambar 3. 13 Cetakan material isolasi SiR..... | 26 |
| Gambar 3. 14 Rancang bangun Sistem elektroda..... | 27 |
| Gambar 3. 15 Sistem elektroda yang digunakan saat Pengukuran | 28 |
| Gambar 3. 16 Rangkaian Pengukuran pdiv dan tegangan tembus | 29 |
| Gambar 4. 1 Pesebaran data PDIV pada jarak sela 1 mm | 35 |
| Gambar 4. 2 Pesebaran data V_{BD} pada jarak sela 1 mm..... | 35 |
| Gambar 4. 3 Pesebaran Data PDIV dan V_{BD} pada jarak sela 1 mm | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bahan dan pencetakan sampel

Lampiran 2 Hasil Pengukuran

Lampiran 3 Perhitungan konstanta dielektrik dan kapasitansi

Lampiran 4 Nilai Standar Deviasi dan Varian

Lampiran 5 Struktur permukaan material isolasi setelah Pengukuran

Lampiran 6 Tampilan grafik hasil Pengukuran menggunakan aplikasi picoscope

Lampiran 7 *Timeline Schedule* Tugas Akhir

Lampiran 8 Lembar Plagiarisme Turnitin

Lampiran 9 Lembar Revisi Sidang Tugas Akhir

NOMENKLATUR

- s : Standar Deviasi
 s^2 : Varian
 C_g : Kapasitansi Gap Udara
 C_d : Kapasitansi Material Isolasi
 d : Jarak celah udara
 ϵ_r : Relatif Permitivity udara (1,00054)
 ϵ_e : Permitivitas relatif campuran
 ϵ_0 : Vakum Permitivity ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)
 A : Luas Permukaan Elektroda
 v : Volume Material Bahan Pengisi
 ϵ_1 : Konstanta Dielektrik Relatif material isolasi
 ϵ_2 : Konstanta Dielektrik Relatif Bahan Pengisi

DAFTAR ISTILAH

| | |
|--|--|
| <i>Partial Discharge Inception Voltage</i> | : Peluahan sebagian yang terjadi di awal |
| <i>Breakdown Voltage</i> | : Tegangan tembus |
| <i>Voltage Stress</i> | : Tekanan listrik yang diberikan pada material isolasi |
| <i>Complete Breakdown</i> | : Tembus Sempurna |
| <i>Silicone rubber</i> | : Material isolasi polimer |
| <i>Dielectric strength</i> | : Kekuatan dielektrik |
| <i>High Density Polyethylene</i> | : Polietilena yang berdensitas tinggi |
| <i>Low Density Polyethylene</i> | : Polietilena yang berdensitas rendah |
| <i>Room Temperature Vulcanizing (RTV)</i> | : Vulkanisasi pada temperatur ruang |
| <i>High Temperature Vulcanizing (HTV)</i> | : Vulkanisasi pada temperatur tinggi |
| <i>Filler</i> | : Bahan Pengisi |
| <i>Aging</i> | : Penuaan |
| <i>dry band arching (DBA)</i> | : Loncatan pada pita kering |
| <i>flashover</i> | : Loncatan |
| <i>Void</i> | : Rongga udara pada sampel |
| <i>Surface Aging</i> | : Penuaan struktur permukaan |

- leakage current* : Arus bocor
- Electrical discharge* : Peluahan elektrik
- Corona discharge* : Peluahan sebagian ditandai dengan munculnya cahaya ultraviolet
- High Voltage Alternating Current* : Tegangan tinggi bolak-balik
- Bubble* : Gelembung udara pada sampel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Salah satu indikator dalam penyaluran listrik yang baik adalah rendahnya frekuensi terjadinya gangguan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kehandalan dan mengurangi penyebab gangguan yang mungkin terjadi, maka pemilihan bahan yang akan digunakan untuk melindungi bagian konduktor itu sangat penting. Material polimer merupakan salah satu pilihan yang dapat dihandalkan sebagai bahan isolasi. Seperti penggunaan *Silicone rubber* (SiR) sebagai material isolasi pada kabel tenaga dan isolator tegangan menengah komposit.

Silicone rubber (SiR) sering dipilih sebagai material isolasi karena memiliki keunggulan dalam menahan air (bersifat hidrophobik) di mana saat udara lembab, tidak terbentuk tetesan/ lapisan air di permukaan bahan yang dapat menyebabkan arus bocor serta memiliki kinerja yang lebih baik dalam mencegah terjadinya *flashover* di bandingkan dengan isolator keramik ataupun isolator kaca.[1].

Silicone rubber (SiR) yang diberi bahan pengisi non organik adalah jenis isolasi sintesis yang paling populer dan sering digunakan dalam aplikasi tegangan tinggi. Dapat dikatakan bahwa material isolasi ini lebih baik dibandingkan material isolasi lainnya, seperti keramik dan kaca karena memiliki sifat hidrophobik yang baik sebagai salah satu sifat utama yang dibutuhkan untuk mencegah terjadinya arus bocor. Jika tingkat hidrophobik berkurang, maka dapat terjadi hubungan ke konduktor pada permukaan isolasi, yang memicu terbentuknya *dry band arching* (DBA) dan meningkatkan temperatur di permukaan bahan. [2]

Terdapat banyak faktor yang menyebabkan kerusakan dan penurunan sifat dielektrik pada *Silicone rubber* (*SiR*) antara lain yaitu, ozon, corona, sinar ultra violet, panas dan lain-lain. Akan tetapi dari banyak faktor yang mempengaruhi tingkat dielektrik tadi, panas merupakan faktor utama penyebab kerusakan dan penurunan tingkat dielektrik suatu bahan. Karena panas dapat merubah susuan polimer bahan tersebut dan menginisiasi terbentuknya carbon dan *erosion* yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya kegagalan isolasi. Selain itu, kegagalan *tracking* dan *erosion* pada isolasi polimer lebih sering terjadi jika diaplikasikan di daerah pesisir pantai yang mana memiliki kadar garam di udara yang cukup tinggi.[1][3]

Hal utama yang menyebabkan berkurangnya sifat mekanik dan elektrik dari bahan *Silicone rubber* (*SiR*) dan tidak dapat dihindari adalah penuaan (*aging*). Untuk mengatasi terjadinya penuaan serta meningkatkan sifat mekanik dan elektrik dari bahan *Silicone rubber* (*SiR*) maka perlu dilakukan pemberian bahan pengisi (*filler*). Bahan pengisi dapat berukuran mikro ataupun nano. Silikon dioksida dapat dijadikan bahan pengisi yang secara teori dapat meningkatkan kekuatan dielektrik. Karena dengan harga yang cukup terjangkau bahan pengisi ini memiliki sifat resistivitas elektrik yang tinggi.[4] Silikon dioksida juga memiliki keunggulan lain, yaitu dapat memperbaiki dan mengubah struktur cross-linked yang lemah pada bahan *Silicone rubber* (*SiR*). [5]

Berdasarkan petimbangan diatas, maka penelitian skripsi ini akan membahas mengenai kemampuan atau unjuk kerja dari *Silicone rubber* (*SiR*) yang diberi bahan pengisi *nanofiller* SiO_2 dibawah pengaruh tegangan Bolak-balik.

1.2 Rumusan masalah

Untuk meningkatkan kekuatan dielektrik suatu material isolasi dapat dilakukan dengan pemberian bahan pengisi. Pada penelitian ini, silikon dioksida dipilih sebagai bahan pengisi untuk material *Silicone rubber* (SiR). Untuk mengetahui dampak yang dihasilkan serta menentukan konsentrasi bahan pengisi yang optimal. Maka, dilakukan Pengukuran *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dan pengukuran tegangan tembus guna mendapatkan nilai *breakdown voltage* (V_{BD}), serta melihat perubahan struktur permukaan dengan menggunakan mikroskop pada permukaan SiR yang diberi bahan pengisi (*filler*) silikon dioksida dengan beberapa variasi konsentrasi.

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Untuk mendapatkan nilai konsentrasi bahan pengisi SiO_2 yang ideal sebagai campuran pada material isolasi *Silicone rubber*. Serta mendapatkan karakteristik nilai PDIV dan V_{BD} pada SiR + % SiO_2 .
- b. Mengetahui perubahan struktur permukaan menggunakan mikroskop pada sampel yang telah digunakan untuk pengukuran *PD Inception Voltage* (PDIV) dan tegangan tembus (*Breakdown Voltage*).

1.4 Batasan masalah

Material isolasi polimer jenis SiR digunakan sebagai sampel pada penelitian ini yang diberi perlakuan dengan melakukan pemberian bahan pengisi silikon dioksida pada beberapa konsentrasi yaitu : 1 % SiO_2 , 2% SiO_2 , dan 3% SiO_2 , Serta SiR tanpa bahan pengisi yang digunakan sebagai pembanding atau kontrol[6]. Dengan berat total campuran bahan pengisi dan

silicone rubber sebesar 10 gram, dimana ukuran sampel pada penelitian ini berukuran $5 \times 5 \text{ cm}^2$ serta memiliki ketebalan sebesar 1 mm. Pengukuran ini dilakukan dengan mengaplikasikan *high voltage alternating current* (HVAC) dengan frekuensi 50 Hz pada suhu ruang yang diterapkan pada sistem elektroda jarum-piring pada jarak cula 1 mm dengan melakukan pengukuran *PD Inception Voltage* (PDIV) dan tegangan tembus (*Breakdown Voltage*).

1.5 Sistematika penulisan

Skripsi ini terdiri dalam 5 bagian penulisan, Yaitu pendahuluan, studi literatur, metodologi, hasil dan diskusi, serta kesimpulan dan saran, yang dijelaskan secara ringkas pada masing-masing bagian sebagai berikut:

(1) Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan secara umum, fungsi, keunggulan serta kelemahan dari material isolasi polimer khususnya *silicone rubber*, dan apa pengaruh pemberian bahan pengisi terhadap material isolasi *silicone rubber* dan alasan mengapa studi ini perlu dilakukan

(2) Tinjauan Pustaka

Dilakukannya studi literatur dengan meninjau beberapa sumber bacaan seperti jurnal, artikel, skripsi dan sumber bacaan lain yang bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai penelitian sejenis yang akan dilakukan, ataupun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, khususnya informasi lain yang terkait dengan isolasi polimer *Silicone rubber* dan bahan pengisi *nanofiller* silikon dioksida.

(3) Metode penelitian

Bab ini memaparkan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian yang dimulai dari pembuatan sampel yang diberi bahan pengisi silikon dioksida dalam beberapa variasi konsentrasi, membuat sistem elektroda Pengukuran dan penyusunan rangkaian pengukuran, serta teknik pengambilan data

(4) Hasil dan diskusi

Hasil pengukuran *PD Inception Voltage* (PDIV) dan tegangan tembus (*Breakdown Voltage*) yang telah dilakukan pada penelitian ini diolah dengan menggunakan metode statistik, dimana data-data pengukuran akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang sesuai dengan kebutuhan.

Selanjutnya, data yang telah diolah dalam bentuk tabel dan grafik ini di analisa berdasarkan teori-teori dan hasil riset sebelumnya yang bersifat empirik dengan menimbang berbagai aspek lain yang memiliki pengaruh terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan secara umum.

(5) Kesimpulan dan Saran

Di bagian akhir tulisan, Ditarik suatu kesimpulan yang dideduksi dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan catatan terhadap hal-hal penting yang dipandang perlu dilakukan selanjutnya sehingga dapat dijadikan sebagai saran dari skripsi ini untuk peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. Nazir, B. T. Phung, and M. Hoffman, “Performance of silicone rubber composites with SiO₂ micro/nano-filler under AC corona discharge,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 23, no. 5, pp. 2804–2815, 2016.
- [2] M. T. Nazir, B. T. Phung, S. Yu, Y. Zhang, and S. Li, “Tracking, erosion and thermal distribution of micro-AlN + nano-SiO₂co-filled silicone rubber for high-voltage outdoor insulation,” *High Volt.*, vol. 3, no. 4, pp. 289–294, 2018.
- [3] W. Song *et al.*, “Aging characterization of high temperature vulcanized silicone rubber housing material used for outdoor insulation,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 22, no. 2, pp. 961–969, 2015.
- [4] G. Momen and M. Farzaneh, “Survey of micro/nano filler use to improve silicone rubber for outdoor insulators,” *Rev. Adv. Mater. Sci.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–13, 2011.
- [5] L. Jiesheng, W. Shaopeng, C. Meizhu, and M. Yixuan, “The effect of filler on the properties of silicone rubber,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 620 622, pp. 311–314, 2009.
- [6] A. H. M. Nasib *et al.*, “Silicone Rubber Nanocomposites filled with Silicone Nitride and Silicone Dioxide Nanofillers: Comparison of Electrical Treeing and Partial Discharge Characteristics,” *2018 IEEE 7th Int. Conf. Power Energy, PECon 2018*, pp. 293–297, 2019.
- [7] B. Du, *Accelerating the discovery of new dielectric properties in polymer insulation*. 2017.
- [8] A. Syakur, M. E. D. Setiaji, and A. Aprianto, “Unjuk Kerja Isolator 20 kV Bahan Resin Epoksi Silane Silika Kondisi Basah dan Kering,”

- vol. 14, no. 2, pp. 68–72, 2012.
- [9] Prof. Vasily Y. Ushakov, *Insulation of High-Voltage Equipment*, 1st ed., vol. 53, no. 9. Springer Berlin Heidelberg, 2004.
 - [10] G. G. Gainer, “Electrical insulation Materials,” pp. 115–117, 2016.
 - [11] W. Arora, Ravindra. Mosch, *High Voltage And Electrical Insulation Engineering*. Wiley-IEEE Press, 2011.
 - [12] J. M. B. Bezerra, S. H. M. S. Rodrigues, B. R. F. Lopes, D. S. Lopes, and V. A. L. Ferreira, “Evaluating failures of polymer insulators in Brazilian distribution networks,” *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 35, no. 1, pp. 38–44, 2019.
 - [13] H. Khan, M. Amin, and A. Ahmad, “Performance evaluation of alumina trihydrate and silica-filled silicone rubber composites for outdoor high-voltage insulations,” *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 26, no. 5, pp. 2688–2700, 2018.
 - [14] Z. Yan, X. Liang, C. Wu, W. Bao, S. Li, and Y. Liu, “Aging and recovery of superhydrophobic silicone rubber under electrical and non-electrical stresses,” *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, vol. 2015-Decem, pp. 189–192, 2015.
 - [15] Y. Zhu, M. Otsubo, C. Honda, and S. Tanaka, “Loss and recovery in hydrophobicity of silicone rubber exposed to corona discharge,” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 91, no. 7, pp. 1448–1454, 2006.
 - [16] M. Amin, M. Akbar, and S. Amin, “Hydrophobicity of silicone rubber used for outdoor insulation (An overview),” *Rev. Adv. Mater. Sci.*, vol. 16, no. 1–2, pp. 10–26, 2007.
 - [17] N. Yuniarti and A. N. Afandi, “Tinjauan sifat hidrofobik bahan isolasi silicone rubber,” *Tekno UM MALANG*, vol. 8, no. 1981, pp. 1–8, 2007.
 - [18] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, “High Voltage Engineering,”

- High Volt. Eng. Fundam.*, p. 534, 2000.
- [19] X. Huang, P. Jiang, and T. Tanaka, “A review of dielectric polymer composites with high thermal conductivity,” *IEEE Electr. Insul. Mag.*, vol. 27, no. 4, pp. 8–16, 2011.
 - [20] C. L. Wadhwa, *High Voltage Engineering*. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 2007.
 - [21] M. Kozako, Y. Okazaki, M. Hikita, and T. Tanaka, “Preparation and evaluation of epoxy composite insulating materials toward high thermal conductivity,” *Proc. 2010 IEEE Int. Conf. Solid Dielectr. ICSD 2010*, pp. 1–4, 2010.
 - [22] R. Kurnia, “Investigasi Karakter Partial Discharge Pada Material Isolasi Tegangan Tinggi Melalui Pengukuran Tegangan Awal Partial Discharge,” *J. Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2015.
 - [23] M. Dolorosa, and Badjowawo, “Kinerja Bahan Isolasi Polimer Silicone Rubber Dengan Bahan Pengisi ATH Terkontaminasi Polutan Industri Di Daerah Beriklim Tropis,” Universitas Gajah Mada, 2006.
 - [24] David J. Bregman, “The Dielectric Constant Of A Composite Material,” *Phys. Rep.*, pp. 379–380, 1978.
 - [25] M. F. S, F. Teknik, U. Sriwijaya, and J. T. Elektro, “karakteristik tegangan tembus material isolasi silicone rubber yang diberi skripsi karakteristik tegangan tembus material,” 2019.
 - [26] P. R. Gray and R. G. Meyer, “Analysis and Design of Analog Integrated Circuits,” *European Journal of Engineering Education*, vol. 18, no. 4. pp. 430–431, 1993.