

SKRIPSI

**UJI PENUAAN MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER*
DENGAN KONDISI LINGKUNGAN YANG TERPOLUSI
SILIKA NABATI LIMBAH *RICE HUSK*
DENGAN KELEMBABAN BERBEDA**



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

Oleh:

**MUHAMMAD SANDY KURNIAWAN
NIM. 03041181924015**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
TAHUN 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**UJI PENUAAN MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER*
DENGAN KONDISI LINGKUNGAN YANG TERPOLUSI
SILIKA NABATI LIMBAH *RICE HUSK*
DENGAN KELEMBABAN BERBEDA**

OLEH :

**MUHAMMAD SANDY KURNIAWAN
NIM. 03041181924015**

Telah diperiksa kebenarannya, diterima, dan disahkan

**Palembang, Juli 2023
Jurusan Teknik Elektro,
Ketua**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Abu Bakar Sidik', is written over a circular official stamp of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). The stamp contains the text 'INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER' and 'JURUSAN TEKNIK ELEKTRO'.

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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**UJI PENUAAN MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER*
DENGAN KONDISI LINGKUNGAN YANG TERPOLUSI
SILIKA NABATI LIMBAH *RICE HUSK*
DENGAN KELEMBABAN BERBEDA**

OLEH :

**MUHAMMAD SANDY KURNIAWAN
NIM. 03041181924015**

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

**Palembang, Juli 2023
Dosen Pembimbing,**



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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Sandy Kurniawan
Nomor Induk Mahasiswa : 03041181924015
Fakultas : Teknik
Jurusan.Program Studi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Persentase plagiarisme (*Turnitin*) : 16 %

Menyatakan bahwa,

Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul “Uji Penuaan Material Isolasi *Silicone Rubber* Dengan Kondisi Lingkungan Yang Terpolusi Silika Nabati Limbah *Rice Husk* Dengan Kelembaban Berbeda“, 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 keadaan sadar dan tanpa paksaan.


Palembang, Juli 2023

Yang menyatakan,



Muhammad Sandy Kurniawan
NIM. 03041181924015

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya lingkup dan kualitas ini mencakup sebagai skripsi.

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T. _____

Tanggal : /Juli/2023 _____

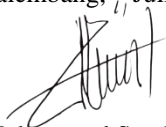
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat-Nya, sehingga Saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Uji Penuaan Material Isolasi *Silicone Rubber* Dengan Kondisi Lingkungan Yang Terpolusi Silika Nabati Limbah *Rice Husk* Dengan Kelembaban Berbeda“

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan akademik pada Jurusan Teknik Elektro jenjang sarjana di Universitas Sriwijaya. Proses pembuatan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari keluarga, sejawat, dan teman-teman seangkatan. Oleh karena itu pada kesempatan ini Saya mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan, semoga bantuan, perhatian dan dukungan yang diberikan menjadi amal kebaikan dimata Allah SWT.

Saya berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna untuk pengembangan ilmu dibidang teknik elektro, khususnya terkait dengan bidang material isolasi padat.

Palembang, 11 Juli 2023



Muhammad Sandy Kurniawan
NIM. 03041181924015


HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- Bapak, Ibu kandung dan ibu tiri tercinta Syaprin Yuliadi, Almh. Eliani, dan Okverina, Kakak Sally Evita, Muhammad Reza, dan Dian Fitriana.
- Dosen Pembimbing, Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T.;
- Dosen penguji, yaitu Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng dan Bapak Djulil Amri, S.T., M.T.
- Prof. Dr. Ir. H. Anis Sagaff, M.Sc.E, IPU., MKU., ASEAN.Eng. Rektor Universitas Sriwijaya dan Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T. Dekan Fakultas Teknik;
- Ketua Jurusan Teknik Elektro Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU dan Abdul Haris Dalimunthe, S.T., M.Si. Dosen Pembimbing Akademik;
- Laboran, Pranata, Senior di Laboratorium Energy and Safety Universitas Sriwijaya: Pak Lukmanul Hakim, S.T., Ibu Dr. Syarifah Fitriani, S.T., Kak Intan Dwi Putri, S.T., Kak Ferlian Seftianto, S.T. dan Kak Cepy Oliver Anarki, S.T.;
- Beasiswa karya salemba empat yang membantu dalam keuangan
- Teman-teman seperjuangan di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya 2019 yaitu Dani, Fadil, Azmi, Dessy, Kiki, Nadia, Disha, Govin, Bintang, Yogi, Dicky, Iqbal, Tio, dan Ipan.
- Teman-teman seperjuangan dalam mencari nilai USEPT, squad artic sok dan Nova Heriani yang selalu support dalam hal apapun.
- Pihak-pihak yang telah membantu selama melaksanakan skripsi.

Saya berdo'a kepada Allah SWT memberikan ganjaran pahala atas semua keikhlasan dan kebaikan yang telah diberikan.

Palembang, Juli 2023



Muhammad Sandy Kurniawan
NIM. 03041181924015

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Sandy Kurniawan
NIM. : 03041181924015
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, “Uji Penuaan Material Isolasi *Silicone Rubber* Dengan Kondisi Lingkungan Yang Terpolusi Silika Nabati Limbah *Rice Husk* Dengan Kelembaban Berbeda“

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 : Juli 2023

Yang menyatakan,



Muhammad Sandy Kurniawan
NIM. 03041181924015

ABSTRAK

UJI PENUAAN MATERIAL ISOLASI *SILICONE RUBBER* DENGAN KONDISI LINGKUNGAN YANG TERPOLUSI SILIKA NABATI LIMBAH *RICE HUSK* DENGAN KELEMBABAN BERBEDA

(Muhammad Sandy Kurniawan, 03041181924015, 2023, xxi + 52 Halaman + Lampiran)

Penelitian ini membahas pengaruh penggunaan kelembaban (*humidity*) yang berbeda menggunakan NaCl, K₂SO₄, C₆H₁₂O₆, dan SiO₂ terhadap sampel *silicone rubber* yang ditempatkan didalam bejana perlakuan selama 50 jam. Sampel dibuat dalam bentuk *sheet* dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 50 mm, dan tebal 1 mm. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran nilai sudut kontak (*contact angle*) dan pengujian tegangan tembus (*breakdown voltage*). Pengukuran sudut kontak dan tegangan tembus pada *silicone rubber* tanpa perlakuan mendapatkan nilai sebesar 3,476 kV dan 91,829°. Namun setelah perlakuan dilakukan menggunakan Kelembaban yang berbeda menunjukkan penurunan tren yang signifikan. Hal ini dibuktikan pada saat perlakuan dengan menggunakan NaCl dan K₂SO₄. Nilai sudut kontak menurun menjadi 84,081° dan 83,791°. Penurunan nilai sudut kontak berpengaruh pada menurunnya sifat hidrofobisitas. Menurunnya sifat hidrofobisitas diakibatkan juga oleh tingginya nilai Kelembaban. Degradasi sifat hidrofobisitas dapat menyebabkan perubahan sifat polimer material isolasi *silicone rubber* yang mengakibatkan menurunnya kekuatan dielektrik dari bahan isolasi tersebut. Nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) menurun sebesar 2,846 kV dan 2,478 kV. Hal ini juga terjadi pada saat menggunakan jenis Kelembaban lain yaitu menggunakan C₆H₁₂O₆ dan SiO₂. Nilai sudut kontak menurun sebesar 85,465° dan 83,894° serta nilai tegangan tembus menurun sebesar 3,236 kV dan 2,764 kV.

Kata Kunci: *Silicone Rubber, Humidity, Rice Husk, Contact Angle, Breakdown Voltage (V_{BD})*

ABSTRACT

AGING TEST OF SILICONE RUBBER INSULATION MATERIAL WITH POLLUTED ENVIRONMENTAL CONDITIONS RICE HUSK WASTE VEGETABLE SILICA WITH DIFFERENT HUMIDITY

(Muhammad Sandy Kurniawan, 03041181924015, 2023, xxi + 52 Page + Appendices)

This study reported the effect of various humidity condition by using NaCl, K_2SO_4 , $C_6H_{12}O_6$, dan SiO_2 on silicone rubber samples placed in a conditioning vessel for 50 hours. Samples were made in sheet form with a length of 50 mm, width of 50 mm, and thickness of 1 mm. The tests conducted the measurement of the contact angle value and the breakdown voltage test. Measurement of contact angle and breakdown voltage on silicone rubber without treatment result were 3.476 kV and 91.829° . But after the treatment was carried out using different humidity agent showed a significant decrease in trend. It justified the evidenced during treatment using NaCl and K_2SO_4 . The contact angle value decreased to $84,081^\circ$ dan $83,791^\circ$. The decrease in contact angle value affected the decrease in hydrophobicity. The decrease in hydrophobicity was also caused by the high moisture value. The degradation of hydrophobicity properties could changes the polymer properties of silicone rubber insulating materials which result in a decrease in the dielectric strength of the insulating material. The breakdown voltage values decreased by 2.846 kV and 2.478 kV. This also occurred when using other types of moisture, namely using $C_6H_{12}O_6$, dan SiO_2 . The contact angle values decreased by 85.465° and 83.894° and the breakdown voltage values decreased by 3.236 kV and 2.764 kV.

Keywords: Silicone Rubbber, Humidity, Rice Husk, Contact Angle, Breakdown Voltage (V_{BD})

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
NOMENKLATUR	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Isolator	6
2.2 Isolator Polimer	7

2.3	<i>Silicone Rubber</i>	7
2.4	Penuaan (<i>aging</i>) pada Material Isolator <i>Silicone Rubber</i>	8
2.4.1	Kondisi lingkungan.....	9
2.4.2	Sinar <i>Ultraviolet</i> (UV)	9
2.4.3	Kelembaban	9
2.4.4	Temperatur.....	10
2.5	Kekuatan Dielektrik	10
2.6	Peluhan Sebagian (<i>Partial Discharge</i>)	11
2.7	Tegangan Tembus (<i>Breakdown voltage</i>).....	13
2.8	Hidrofobisitas dan Sudut Kontak (<i>contact angle</i>)	14
2.9	Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat	15
2.9.1	Kegagalan Asasi (Intrinsik)	16
2.9.2	Kegagalan Elektromekanik.....	16
2.9.3	Kegagalan Streamer.....	17
2.9.4	Kegagalan Thermal.....	17
2.9.5	Kegagalan erosi.....	18
2.10	Penelitian Sebelumnya	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Pendahuluan	25
3.2	Diagram Alir Penelitian	26
3.3	Bahan	27
3.3.1	<i>Silicone Rubber</i> dan katalis.....	27
3.3.2	<i>Natrium Clorida</i> (NaCl).....	28
3.3.3	<i>Kalium Sulfat</i> (K ₂ So ₄).....	28
3.3.4	<i>Glukosa</i> (C ₆ H ₁₂ O ₆).....	29
3.3.5	<i>Silika</i> (SiO ₂) dari bahan <i>Rice husk</i>	30
3.4	Peralatan.....	30

3.4.1	Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik.....	30
3.4.2	<i>High Voltage Probe</i> (HV Probe) Tipe Tetronix P6015A..	31
3.4.3	<i>Vacuum Drying Oven</i>	31
3.4.4	Neraca Digital.....	32
3.4.5	Picoscope tipe 4000 series	32
3.4.6	<i>Pearson Current Monitor</i> tipe 411	33
3.4.7	Jangka Sorong Digital.....	33
3.4.8	<i>Hi-cook Torch Lighter</i> TL-01	34
3.4.9	Kamera CCD (<i>charge coupled device</i>).....	34
3.4.10	Pipet tetes.....	35
3.4.11	RH (Relative Humidity) meter digital	35
3.4.12	<i>Mortar dan Pestle</i>	36
3.5	Sistem Elektroda	36
3.6	Pembuatan Sampel	38
3.7	Perlakuan dengan Kelembaban	39
3.8	Experimental Setup	40
3.8.1	Rangkaian Pengujian	40
3.8.2	Prosedur Pengujian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Umum.....	46
4.2	Data Hasil Penelitian.....	46
4.3	Diskusi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rumus kimia silicone rubber (polydimethyl siloxane) [10].....	8
Gambar 2. 2 Bentuk dari butiran air pada (A) Permukaan dengan sifat hidrofobik (B) Permukaan dengan sifat hidrofilik [20]	14
Gambar 2. 3 Grafik mekanisme kegagalan pada isolasi padat [21]	16
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3. 2 <i>Silicone Rubber</i> dan katalis.....	28
Gambar 3. 3 Natrium Clorida	28
Gambar 3. 4 Kalium Sulfat	29
Gambar 3. 5 Glukosa	29
Gambar 3. 6 Rice husk.....	30
Gambar 3. 7 Transformator HVAC 20kV produk Musashi Electrical Instruments Work LTD.....	31
Gambar 3. 8 High Voltage Probe tipe Tektronix P6015A	31
Gambar 3. 9 Vacuum drying oven	32
Gambar 3. 10 Neraca Digital	32
Gambar 3. 11 Picoscope tipe 4000 series	33
Gambar 3. 12 Pearson Current Monitor tipe 411	33
Gambar 3. 13 Jangka Sorong Digital.....	34
Gambar 3. 14 Hi-cook Torch Lighter TL-01	34
Gambar 3. 15 Kamera CCD.....	35
Gambar 3. 16 Pipet Tetes.....	35
Gambar 3. 17 RH (Relative Humidity) meter digital.....	36
Gambar 3. 18 Mortar dan Pestle	36
Gambar 3. 19 Sistem elektroda pengukuran sampel uji (a) Rancangan.....	37
Gambar 3. 20 Tahapan pembuatan sampel uji	38
Gambar 3. 21 Rencana bejana Perlakuan kelembaban	39

Gambar 3. 22 Bejana Perlakuan kelembaban	40
Gambar 3. 23 Rangkaian pengujian pengukuran sudut kontak.....	41
Gambar 3. 24 Rangkaian pengujian pengukuran kekuatan tembus	43
Gambar 4. 1 Grafik karakteristik pengukuran nilai sudut kontak	47
Gambar 4. 2 Grafik karakteristik pengukuran nilai tegangan tembus.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beberapa penelitian tentang penuaan (aging) pada material isolasi silicone rubber	19
Tabel 3. 1 Spesifikasi dimensi sistem elektroda	37
Tabel 4. 1 Tabel nilai RH dan temperatur saat perlakuan	47

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1	11
Persamaan 2. 2	12
Persamaan 2. 3	13
Persamaan 2. 4	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
Lampiran 2	Pengukuran Rata-Rata Sisi Sampel Uji
Lampiran 3	Data Hasil Pengukuran
Lampiran 4	Perhitungan Nilai Kapasitansi
Lampiran 5	Rekaman Pengukuran Nilai Sudut Kontak Menggunakan <i>Software ImageJ</i> dan Tegangan Tembus Menggunakan <i>Software Picoscope 6</i>
Lampiran 6	Lembar Plagiarisme Turnitin

NOMENKLATUR

E	: Kekuatan dielektrik (kV/mm)
V_{bd}	: Tegangan tembus dielektrik (kV)
h	: Ketebalan dielektrik (mm)
ΔQ	: Muatan pada material dielektrik (Coulomb)
ΔV	: Tegangan jatuh pada void (Volt)
C_{void}	: Kapasitansi void (F)
V_s	: Tegangan tembus dalam keadaan normal (volt)
V_b	: Tegangan tembus sebenarnya (volt)
δ	: Faktor koresi udara (mmHg/°C)
p	: Tekanan udara (mmHg)
θ	: Suhu ruangan saat pengujian (°C)
$K_2 SO_4$: Kalium sulfat
$NaCl$: Natrium klorida
$C_6 H_{12} O_6$: Glukosa
SiO_2	: Silikon dioksida

DAFTAR ISTILAH

<i>Ultraviolet</i>	: Sinar ultraviolet
<i>Hygroscopic</i>	: Menyerap air
<i>Leakage current</i>	: Arus bocor
<i>Flashover</i>	: Lompatan bunga api listrik
<i>Silicon rubber</i>	: Karet silikon
<i>Epoxy resin</i>	: Resin epoksi
<i>Hydrofobic</i>	: Kedap air
<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Corona discharge</i>	: Peluahan korona
<i>Rice Husk</i>	: Sekam padi
<i>Rice Husk Ash</i>	: Abu sekam padi
<i>Contact angle</i>	: Sudut kontak
<i>Spark over</i>	: Pelepasan busur
<i>Filler</i>	: Bahan pengisi
<i>Elastomer</i>	: Bahan yang mirip karet
<i>Relative humidity</i>	: Kelembaban relatif
<i>Macroscopic interface</i>	: Antarmuka makroskopis
<i>Tracking</i>	: Keretakan
<i>Breakdown voltage</i>	: Tegangan tembus
<i>Short circuit</i>	: Hubung singkat
<i>Partial discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Void</i>	: Rongga udara
<i>Internal discharge</i>	: Peluahan internal
<i>Surface discharge</i>	: Peluahan permukaan
<i>Arcing discharge</i>	: Peluahan listrik
<i>Homogen</i>	: Sejenis

<i>Electrical stress</i>	: Tekanan listrik
<i>Partially wetted</i>	: Terbasahi sebagian
<i>Undervoltage</i>	: Dibawah tegangan
<i>Grounding</i>	: Pentanahan
<i>Humidity</i>	: Kelembaban

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia yang terletak pada $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}\text{LS}$ dan $95^{\circ}\text{BT} - 141^{\circ}\text{BT}$ di garis khatulistiwa, dimana $2/3$ dari wilayahnya terdiri dari lautan. Masyarakat Indonesia tersebar diberbagai kawasan atau bermukim di dataran rendah, pesisir pantai, dan pegunungan, sehingga untuk pemenuhan infrastruktur energi listrik diperlukan jaringan transmisi dan distribusi yang sangat panjang. Indonesia dengan iklim tropis dengan lama penyinaran sinar matahari rata-rata 12 jam/hari, temperatur udara berkisar antara $16^{\circ} - 35^{\circ}\text{C}$, kelembaban relatif mendekati 100% pada malam hari, serta curah hujan yang cukup tinggi antar 40-500 mm. Menurut organisasi *greenspace*, Indonesia merupakan negara dengan tingkat polusi tertinggi di dunia. Kondisi lingkungan ini dapat menurunkan kinerja isolator yang bekerja diluar[1].

Isolator berperan penting pada proses pendistribusian tenaga listrik. Isolator adalah peralatan pada sistem distribusi ketenagalistrikan yang berperan sebagai penyekat antar penghantar yang bertegangan pada jaringan listrik. Isolator yang beroperasi di lingkungan dengan kelembaban yang berbeda, memiliki kerentanan akibat perubahan dengan perbedaan kelembaban yang disertai dengan polusi udara, yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan tembus isolator[2]. Hal ini dikarenakan bagian permukaan isolator terkontaminasi oleh polutan dan radiasi sinar ultraviolet. Keadaan inilah yang dapat mempengaruhi kinerja dari isolator. Untuk itu diperlukan isolasi dengan kualitas dan kinerja yang baik. Saat ini bahan isolator keramik dan kaca masih cukup banyak digunakan di Indonesia. Material ini mempunyai kerapatan massa yang tinggi serta memiliki sifat *hygroscopic* (menyerap air) sehingga mudah terjadi *leakage current* (arus

bocor) yang dapat memicu terjadinya *flashover* di tegangan yang cenderung rendah. Penggunaan isolator polimer menjadi alternatif dalam mengatasi kekurangan ini[3].

Dalam beberapa tahun terakhir, pemakaian isolator polimer mulai sering digunakan pada jaringan transmisi dan distribusi di Indonesia. Isolator polimer memiliki kelebihan dibandingkan dengan isolator keramik dan kaca. Isolator polimer mempunyai kerapatan massa yang rendah, disipasi panas yang tinggi, serta biaya pembuatan yang lebih ekonomis. Beberapa jenis material isolator yang sering digunakan pada sistem distribusi ketenagalistrikan yaitu *silicone rubber* (SIR) dan *resin epoxy*[4]. Jenis isolator polimer SIR memiliki karakteristik arus bocor yang cenderung lebih kecil dan memiliki sifat *hydrofobic* (kedap air). Hidrofobisitas adalah parameter yang utama yang harus dimiliki oleh material isolator. *Hydrofobic* merupakan sifat material isolator yang kedap atau menolak air dimana pada permukaan isolator akan membentuk sudut lebih besar atau sama dengan 90° [5].

Berjalan dengan waktu, ketika isolator sudah mencapai umur tertentu dalam waktu tertentu, maka sifat hidrofobisitas (menolak air) permukaan akan menurun, resiko terjadinya *flashover* (loncatan bunga api) akan mudah terjadi sehingga mengancam operasi distribusi jaringan listrik[6]. Penuaan yang terjadi pada material isolator dapat membuat penurunan kemampuan kinerja dari isolator tersebut. Saat ini metode pengujian untuk keadaan penuaan isolator meliputi metode arus bocor dan termal. Penuaan yang terjadi pada isolator serta terpaparnya permukaan isolator karena adanya polutan, dapat membuat kinerja dari material isolator menurun. Perlu adanya kajian untuk mengetahui penuaan yang terjadi pada isolator dengan kondisi lingkungan yang berbeda[7].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan melakukan uji penuaan menggunakan material isolasi *silicone rubber* dengan kondisi kelembaban yang berbeda menggunakan $K_2 SO_4$, NaCl, dan $C_6 H_{12}O_6$ serta polusi kabut dan partikel udara menggunakan SiO_2 dari bahan *Rice Husk*. Penelitian sebelumnya sudah melakukan uji penuaan yang dipengaruhi oleh terjadinya corona discharge dengan ketetapan waktu 100 jam. Pada penelitian ini akan dilakukan uji penuaan dengan ketetapan waktu penuaan selama 50 jam. Waktu ini dipilih dikarenakan waktu minimal untuk melakukan uji penuaan adalah 24 jam. Selain itu perlu adanya perbandingan antara penggunaan waktu pada penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Di beberapa daerah yang dekat dengan pantai dan industri, dapat membuat beberapa kondisi lingkungan terjadi seperti kabut garam dan kabut asap. Jika kondisi lingkungan tersebut terjadi, partikel-partikel berupa senyawa kimia serta polutan dapat menempel pada permukaan isolator. Isolator berperan penting pada proses pendistribusian tenaga listrik. Isolator yang beroperasi dilingkungan dengan kelembaban yang berbeda dapat mempengaruhi kemampuan dari isolasi. Isolator yang permukaannya terkontaminasi oleh partikel-partikel dapat membuat kegagalan isolasi terjadi. Selain itu akan mempercepat penuaan (*aging*) pada isolator. Hal inilah yang membuat hidrofobitas dari material isolasi menurun, resistensi terhadap polusi *flashover* mudah terjadi, sehingga mengancam operasi jaringan listrik yang aman. Untuk itu perlu adanya penelitian mengenai uji penuaan menggunakan material isolasi *silicone rubber*. Pada penelitian ini material isolasi *silicone rubber* akan ditempatkan di lingkungan dengan kondisi kelembaban yang berbeda menggunakan $K_2 SO_4$, NaCl, dan

$C_6 H_{12} O_6$ serta polusi kabut dan partikel udara menggunakan SiO_2 dari bahan *Rice Husk*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Melakukan studi eksperimental untuk mengukur nilai sudut kontak (*contact angle*) dari material isolasi *silicone rubber* pada kondisi kelembaban yang berbeda.
2. Mengamati pengaruh polusi kabut, partikel udara, dan kelembaban terhadap penuaan material isolasi *silicone rubber*
3. Mengukur dan mengamati nilai tegangan tembus serta perbandingan persentase dari material isolasi *silicone rubber* pada kondisi kelembaban yang berbeda melalui pengujian menggunakan tegangan bolak-balik.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel material isolasi jenis *silicone rubber*. Sampel akan dikondisikan dilingkungan dengan ketetapan waktu uji penuaan selama 50 jam.

1. Dalam studi ini sampel yang digunakan berupa isolasi polimer jenis *Silicone Rubber* berbentuk lembaran dengan ketebalan 1 mm yang dibuat dalam bentuk persegi empat ukuran 50 mm x 50 mm.
2. Sampel dikondisikan dengan kelembaban yang berbeda menggunakan $K_2 SO_4$, NaCl, dan $C_6 H_{12} O_6$ serta polusi kabut dan partikel udara menggunakan SiO_2 dari bahan *Rice Husk*.
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran sudut kontak (*contact angle*) dan kekuatan tembus dari material isolasi *silicone rubber*.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan tentang kelebihan dan kekurangan isolasi, isolasi polimer *silicone rubber* yang dikondisikan dengan kelembaban yang berbeda menggunakan K_2SO_4 , NaCl, dan $C_6H_{12}O_6$ serta polusi kabut dan partikel udara menggunakan SiO_2 dari bahan *Rice Husk* serta alasan studi perlu dilaksanakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang informasi yang berkaitan dengan isolasi polimer *silicone rubber*, senyawa kimia, dan abu sekam padi serta informasi penelitian sebelumnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tempat, waktu, dan tahapan dari penelitian, dimulai dari persiapan proses penyiapan alat dan material pembuatan sampel, perlakuan terhadap sampel, pembuatan sistem elektroda, dan rangkaian serta teknik pengujian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengukuran *Contact Angle* dan *Breakdown Voltage* (V_{BD}) yang telah diukur dan dimasukkan tabel. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian akhir penelitian yang berisikan hasil penelitian dengan kesimpulan serta saran untuk menjadi acuan untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tropis Perkotaan Samsurizal, R. Pratama Putera, and Christiono, “Studi Sifat Transfer Hidrofobik Dari Bahan Isolator Polimer Silicone Rubber Akibat Pengaruh Cuaca Di daerah Tropis Perkotaan,” *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 7, no. 2, pp. 288–295, 2018.
- [2] M. Bi, R. Deng, T. Jiang, X. Chen, A. Pan, and L. Zhu, “Study On Corona Aging Characteristics Of Silicone Rubber Material Under Different Enviromental Conditions,” *IEEE Transascctions On Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 29, no. 2, Apr. 2022.
- [3] L. Cheng *et al.*, “A Novel Aging Characterization Method For Silicone Rubber Based On Terahertz Absorption Spectroscopy,” *Polym Test*, vol. 115, pp. 1–11, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.polymertesting.2022.107723.
- [4] A. I. Pratiwi, M. Asri, and A. Samad Yusuf, “Analisis Tegangan Tembus Dan Hidrofobisitas Isolator Nano Komposit Resin Epoksi Dan SiO₂,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 89–93, 2021.
- [5] M. T. Nazir *et al.*, “Physical, Thermal and Partial Discharge Evaluation of Nano Alumina Filled Silicone Rubber in an Inclined Plane Test,” *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 8, no. 4, pp. 1242–1249, Jul. 2022, doi: 10.17775/CSEEPES.2020.01190.
- [6] F. R. Savitri, A. Syakur, and Hermawan, “Analisis Penambahan Bahan Pengisi Pasir Silika Pada Bahan Resin Epoksi Silicone Rubber Terhadap Parameter Listrik, Mekanik Dan Fisik Untuk Bahan Isolator,” *Transient*, vol. 8, no. 2, pp. 171–180, 2019, Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transien>

- [7] M. Bi, J. Yang, X. Chen, T. Jiang, A. Pan, and Y. Dong, "The Research on Corona Aging Silicone Rubber Materials' NMR Characteristics," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 128407–128415, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3008785.
- [8] M. Z. Saleem and M. Akbar, "Review of the Performance of High-Voltage Composite Insulators," *Polymers*, vol. 14, no. 3. MDPI, Feb. 01, 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," *Journal of Composites and Compounds*, vol. 2, no. 5, pp. 18–24, Mar. 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 (Basel)*, vol. 14, no. 14, Jul. 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, Sep. 2021, doi: 10.3390/polym13172854.
- [12] M. Amin, M. Akbar, and M. N. Khan, "Aging Investigations of Polymeric Insulators :Overview and Bibliography," *IEEE Electrical*, vol. 23, no. 4, pp. 44–50, 2007.
- [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 June, Jun. 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0251092.
- [15] D. Kind and H. Karner, *High Voltage Insulation Technology*, no. 661 SP. 2008. doi: 10.1007/978-3-663-14090-0.
- [16] Lehr jane and Ron Pralhad, *Foundations of Pulsed Power Technology*. Canada: IEEE Press, Simultaneously , 2017. Accessed: Dec. 19, 2022. [Online]. Available: www.wiley.com
- [17] R. Arora and W. Mosch, *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*. 2011.
- [18] D. S. Kuwahara and Dr. A. Arismunandar, *Teknik Tenaga Listrik Jilid Ii : Saluran Transmisi*, 7th ed., vol. 7. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2004.
- [19] M. Tariq 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*, p. 102494, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.surfin.2022.102494.
- [20] X. W. Xie, Y. J. Zhao, and J. B. Shi, “Research Progress of Superhydrophobic Coatings Based on Silicone Rubber Surface,” *J Phys Conf Ser*, vol. 2368, no. 1, pp. 1–11, Nov. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2368/1/012018.
- [21] M. S. Naidu and V. Kamaraju, *High-Voltage Engineering*, vol. 5. 2013. [Online]. Available: www.LearnEngineering.in
- [22] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High Voltage Engineering : Fundamentals*, vol. 2. Butterworth-Heinemann/Newnes, 2000.
- [23] Z. Zhang, G. Pang, M. Lu, C. Gao, and X. Jiang, “Research on Silicone Rubber Sheds of Decay-Like Fractured Composite Insulators Based on Hardness, Hydrophobicity, NMR, and FTIR,”

Polymers (Basel), vol. 14, no. 16, pp. 1–15, Aug. 2022, doi: 10.3390/polym14163424.

- [24] A. Riyanto dan Yulian Hanafi, “Studi Eksperimental Sekam Padi sebagai Zat Campuran pada Komposit Termoplastik untuk Meningkatkan Sifat Isolator,” *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi*, vol. 4, no. 2, pp. 117–124, 2022.
- [25] J. V. Li and G. Ferrari, *Capacitance Spectroscopy of Semiconductors*. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 2018.