

SKRIPSI

KARAKTERISTIK PELUAHAN SEBAGIAN PADA ISOLASI *EPOXY RESIN* DENGAN PENGISI *NANOFILLER* TiO₂ YANG DIBERI PERLAKUAN SINAR UV



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

Oleh:
NIKEN MEGA SANTI ERFANDI
03041381722092

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
2021

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

KARAKTERISTIK PELUAHAN SEBAGIAN PADA ISOLASI EPOXY RESIN DENGAN PENGISI NANOFILLER TiO₂ YANG DIBERI PERLAKUAN SINAR UV

Oleh :
NIKEN MEGA SANTI ERFANDI
NIM 03041381722092

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan

Palembang, 25 September 2021
Ketua Jurusan Teknik Elektro,



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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK PELUAHAN SEBAGIAN PADA ISOLASI
EPOXY RESIN DENGAN PENGISI *NANOFILLER* TiO₂ YANG
DIBERI PERLAKUAN SINAR UV**

Oleh :
NIKEN MEGA SANTI ERFANDI
NIM 03041381722092

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

Palembang, 25 September 2021
Dosen Pembimbing Utama,



Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.
NIP. 195903031985031004

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Niken Mega Santi Erfandi
Nomor Induk Mahasiswa : 03041381722092
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Persentase Plagiarisme (*Turnitin*) : 14 %

Menyatakan bahwa,

Karya Ilmiah berupa skripsi dengan judul “*Karakteristik Peluahan Sebagian pada Isolasi Epoxy Resin dengan Diberi Pengisi Nanofiller TiO₂ yang Diberi Perlakuan Sinar UV*” 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, 25 September 2021

Yang Menyatakan,



Niken Mega Santi Erfandi

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 : Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.

Tanggal : 25 / September / 2021

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT yang atas rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Karakteristik peluahan sebagian pada isolasi *epoxy resin* dengan pengisi *nanofiller* TiO₂ yang diberi perlakuan sinar UV ”.

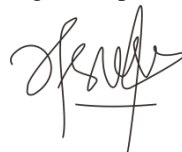
Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan pendidikan di Universitas Sriwijaya. Dalam menyusun skripsi penyusun mengalami beberapa kesulitan dan tantangan akan tetapi berkat dukungan dari banyak pihak penyusun dapat mengatasi kesulitan tersebut.

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 ditampilkan. 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, 25 September 2021



Niken Mega Santi Erfandi

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- ✓ Papa Drs. Trius Erfandi dan mama Rosdiana Anggraini S.H, M.M., serta kakak-kakak kandung saya Fajrina Oktaviani Erfandi S.T., Suci Saraswati Erfandi S.H., Niko Amin Erfandi , dan juga seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan untuk kesuksesan pendidikan saya ;
- ✓ Dosen pembimbing utama Bapak Prof. Ir H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.;
- ✓ Dosen penguji yaitu Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T., Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng; dan Bapak Djulil Amri, S.T., M.T.
- ✓ Rektor Unsri Bapak Prof. Dr. Ir. H Anis Saggaf, MSCE dan Dekan Fakultas Teknik Bapak Dr.Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T;
- ✓ Ketua Jurusan Teknik Elektro Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng, Ph.D., IPU dan dosen pembimbing akademik bapak Ir. Antonius Hamdadi, M.S.;
- ✓ Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah memberikan pengetahuan, bimbingan, arahan, serta saran sampai selesainya skripsi ini;
- ✓ Laboran Pranata, senior-senior di Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya : Mbak Dr. Syarifah Fitria S.T., Pak Lukmanul Hakim, S.T., Kak Rachmad Fauzan, S.T., Kak Intan Dwi Putri S.T., Kak Ferlian Seftianto S.T., dan Kak Noval Jiwandono S.T.,
- ✓ Kawan-kawan sejawat Laboratorium *Energy and Safety* Universitas Sriwijaya 2017 yaitu kepada Cintia, Jihan, Novia, Abiyyu, Cepy, Dhani, Bayu, Fahri, dan Reynaldi;
- ✓ Sahabat-sahabat sejawat tercinta yaitu Dinda, Mutia, Gina, Nia, Tata, Delia, Jordy, Nanda, Iyes, Tetri, dan Verina;
- ✓ 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

Palembang, 25 September 2021



Niken Mega Santi Erfandi

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Niken Mega Santi Erfandi
NIM : 03041381722092
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
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, “Karakteristik Peluahan Sebagian pada Isolasi *Epoxy Resin* dengan Diberi Pengisi *Nanofiller TiO₂* Yang Diberi Perlakuan Sinar UV” 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 : 25 September 2021
Yang menyatakan,



Niken Mega Santi Erfandi

ABSTRAK

KARAKTERISTIK PELUAHAN SEBAGIAN PADA ISOLASI EPOXY RESIN DENGAN PENGISI NANOFILLER TiO₂ YANG DIBERI PERLAKUAN SINAR UV

(Niken Mega Santi Erfandi, 03041381722092, 2021, xxi + 49 Halaman + Lampiran)

Penelitian ini mengenai karakteristik peluahan sebagian pada material isolasi *Epoxy Resin* (EP) dengan diberi pengisi *nanofiller* TiO₂ yang diberi perlakuan UV. Variasi konsentrasi TiO₂ yang diberikan adalah 1 wt%, 3 wt%, dan 5 wt% terhadap berat total sampel. Sebelum dicampur kedalam isolasi EP, *nanofiller* TiO₂ diberi perlakuan sinar UV dengan waktu paparan selama 24 jam. Sampel berupa lembaran segi empat, tebal 1 mm, dan ukuran 50 mm x 50 mm. Pengujian dilakukan menggunakan sistem elektroda jarum-piring dengan tegangan tinggi bolak-balik pada jarak celah sebesar 1 mm dari permukaan sampel. Pengukuran *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dilakukan dengan laju kenaikan tegangan 100 Volt/detik, dilanjutkan dengan menaikkan tegangan aplikasi hingga terjadinya *Breakdown Voltage* (V_{BD}). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan pengisi *nanofiller* TiO₂ telah meningkatkan kekuatan dielektrik material isolasi EP. Kenaikan tertinggi terjadi pada konsentrasi *nanofiller* 3 wt% TiO₂ dengan persentase (%) PDIV dan V_{BD} masing-masing sebesar 25,49 % dan 11,32 % dengan pengisi tanpa perlakuan sinar UV, sedangkan untuk pengisi yang diberi perlakuan sinar UV dengan laju kenaikan nilai PDIV dan V_{BD} masing-masing mencapai 22,65 % dan 7,77 %. Konsentrasi 3 wt% ini merupakan kenaikan optimum pada nilai PDIV dan V_{BD}. Nilai PDIV dan V_{BD} pada material isolasi EP + TiO₂ yang diberi perlakuan UV terlihat menurun jika dibandingkan dengan tanpa diberi perlakuan UV. Hal ini mungkin disebabkan oleh pengaruh dari panjang gelombang UV dan kadar intensitas radiasi yang dihasilkan oleh lampu UV.

Kata Kunci: *Epoxy Resin*, Titanium Dioksida, Sinar UV, *Partial Discharge Inception Voltage*, *Breakdown Voltage*


Palembang, 25 September 2021

Menyetujui,
Pembimbing Utama

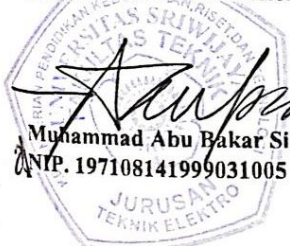


Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.
NIP. 195903031985031004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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



ABSTRACT

PARTIAL DISCHARGE CHARACTERISTICS OF EPOXY RESIN INSULATION FILLED WITH UV-TREATED TiO₂ NANOFILLER

(Niken Mega Santi Erfandi, 03041381722092, 2021, xxi + 49 Pages + Appendices)

This study is about partial discharge characteristics of the Epoxy Resin insulation filled with UV-treated TiO₂ nanofiller. The concentration variations of TiO₂ which are 1 wt%, 3 wt%, and 5 wt% of the total weight sample. Before being mixed into the EP, the TiO₂ nanofiller was treated by UV light with a exposure time for 24 hours. The samples were made in rectangular sheet form, a thickness of 1 mm, and sample size is about 50 mm x 50 mm. This research was tested using needle-plate electrode configuration with alternating high voltage at the gap of 1 mm from the sample surface. The measurement of the Partial Discharge Inception Voltage (PDIV) started with a voltage increase rate of 100 Volts/second, continued by increasing the application voltage until the breakdown voltage (V_{BD}) occurs. This results showed that the addition of TiO₂ nanofiller has increased the dielectric strength of insulation material (EP). The highest increase occurred in the concentration of 3 wt% TiO₂ nanofiller with PDIV and V_{BD} percentages (%) is respectively 25.49 % and 11.32 % with fillers without UV treatment, while for fillers with UV treatment, the rate of increase in PDIV and V_{BD} values reaching respectively 22.65 % and 7.77 %. The concentration of 3 wt% is the optimum increasing in PDIV and V_{BD} values. The value of PDIV and V_{BD} on the EP + TiO₂ insulation material that was treated with UV was seen decreasing when compared to that without UV treatment. This may be due to the effect of UV wavelengths and the intensity level of UV lamp radiation.

Keywords: Epoxy Resin, Titanium Dioxide, UV Rays, Partial Discharge Inception Voltage, Breakdown Voltage

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro




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



Palembang, 25 September 2021

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Prof. Ir. H. Zainuddin Nawawi, Ph.D.
NIP. 195903031985031004

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI	i
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 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Isolator	7
2.2 Isolasi Polimer.....	8

2.3	<i>Epoxy Resin</i>	10
2.4	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	11
	2.4.1 Titanium Dioksida (TiO ₂)	12
2.5	Sinar Ultraviolet (UV).....	13
2.6	Kekuatan Dielektrik	14
2.7	Peluhan Sebagian (<i>Partial Discharge</i>)	15
2.8	Kapasitansi	16
2.9	Penelitian-Penelitian Sebelumnya.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	Umum.....	20
3.2	Metode Penelitian	20
3.3	Diagram Alir Penelitian	22
3.4	Bahan Penelitian.....	23
	3.4.1 <i>Epoxy Resin</i> dan <i>Hardener</i>	23
	3.4.2 Pengisi <i>Nanofiller</i> Titanium Dioksida (TiO ₂)	23
3.5	Peralatan Penelitian	24
	3.5.1 Lampu <i>Ultraviolet</i>	24
	3.5.2 <i>UV Light Meter</i>	25
	3.5.3 Neraca Digital	26
	3.5.4 <i>Vacuum Drying Oven</i>	26
	3.5.5 Jangka Sorong Digital	27
	3.5.6 Transformator Tegangan Tinggi Bolak-Balik (HVAC)	27
	3.5.7 Tahanan Tinggi	28
	3.5.8 <i>High Voltage Probe</i> (HV Probe).....	28
	3.5.9 <i>Picoscope</i>	29
	3.5.10 <i>Pearson Current Monitor</i>	29
3.6	Perlakuan Sinar UV.....	30
3.7	Pembuatan Sampel Uji	31

3.7.1	Bahan dan Komposisi.....	31
3.7.2	Proses Pencampuran.....	32
3.7.3	Proses Pencetakan	33
3.7.4	Pemilihan Sampel Uji.....	33
3.8	Sistem Elektroda	34
3.9	Rangkaian Pengujian.....	35
3.10	Prosedur Pengujian.....	37
3.11	Pengambilan Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Umum	39
4.2	Data Hasil Pengukuran.....	39
4.3	Diskusi	44
BAB V PENUTUP		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kimia <i>Epoxy Resin</i>	10
Gambar 2.2	Fenomena peluahan sebagian	16
Gambar 2.3	Konduktor plat.....	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2	<i>Epoxy Resin</i> beserta <i>hardener</i>	23
Gambar 3.3	Bahan pengisi <i>titanium dioksida</i> dengan ukuran ~200 nm	24
Gambar 3.4	Lampu <i>ultraviolet</i>	25
Gambar 3.5	<i>UV Light Meter</i>	25
Gambar 3.6	Neraca digital	26
Gambar 3.7	<i>Vacuum drying oven</i>	26
Gambar 3.8	Jangka sorong digital.....	27
Gambar 3.9	Transformator tegangan tinggi AC (HVAC).....	27
Gambar 3.10	Tahanan tinggi.....	28
Gambar 3.11	<i>High voltage probe</i> Tektronix P6015A	28
Gambar 3.12	<i>Picoscope</i> tipe <i>4000series</i>	29
Gambar 3.13	<i>Pearson current monitor model 411</i>	29
Gambar 3.14	Kotak penyinaran UV	30
Gambar 3.15	Kotak UV yang digunakan saat penyinaran pada pengisi <i>nanofiller</i>	31
Gambar 3.16	Tahapan-tahapan pembuatan sampel uji.....	32
Gambar 3.17	Dimensi cetakan material isolasi <i>Epoxy Resin</i>	33
Gambar 3.18	Sistem Elektroda pengukuran sampel uji	34
Gambar 3.19	Sistem Elektroda yang digunakan pada saat pengukuran ..	34
Gambar 3.20	Rangkaian pengujian	36
Gambar 4.1	Karakteristik nilai PDIV terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi <i>nanofiller</i> tanpa diberi perlakuan UV ..	41

- Gambar 4.2** Karakteristik nilai PDIV terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi *nanofiller* yang diberi perlakuan UV ... 42
- Gambar 4.3** Karakteristik nilai V_{BD} terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi *nanofiller* tanpa diberi perlakuan UV .. 42
- Gambar 4.4** Karakteristik nilai V_{BD} terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi *nanofiller* yang diberi perlakuan UV ... 43
- Gambar 4.5** Nilai PDIV terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi *nanofiller* tanpa diberi perlakuan dan dengan diberi perlakuan UV 43
- Gambar 4.6** Nilai V_{BD} terhadap variasi konsentrasi komposisi pengisi *nanofiller* tanpa diberi perlakuan dan dengan diberi perlakuan UV 44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Titanium Dioksida (TiO ₂).....	13
Tabel 2.2	Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul riset yang akan dilakukan	18
Tabel 3.1	Spesifikasi pengisi <i>nanofiller</i> TiO ₂	24
Tabel 3.2	Spesifikasi Dimensi Sistem Elektroda	35
Tabel 4.1	Hasil pengukuran PDIV dan V _{BD} pada material isolasi <i>Epoxy Resin</i> + TiO ₂ tanpa diberi perlakuan UV	40
Tabel 4.2	Hasil pengukuran PDIV dan V _{BD} pada material isolasi <i>Epoxy Resin</i> + TiO ₂ yang diberi perlakuan UV	41

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	16
Persamaan 2.2	17
Persamaan 2.3	17

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tahap-Tahap Kegiatan Penelitian
Lampiran 2	Data Hasil Pengukuran
Lampiran 3	Nilai Standar Deviasi dan Varian
Lampiran 4	Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Gabungan dan Kapasitansi
Lampiran 5	Perhitungan Kadar Intensitas Radiasi Lampu UV
Lampiran 6	Grafik Gelombang Sinusoidal Hasil Pengukuran pada Aplikasi <i>Picoscope 4000 Series</i>
Lampiran 7	<i>Timeline Schedule</i> Tugas Akhir
Lampiran 8	Lembar Plagiarisme Turnitin

NOMENKLATUR

C	: Kapasitansi bahan dielektrik
Q	: Muatan Listrik
V	: Tegangan
C_o	: Kapasitansi udara
d	: Jarak celah udara
ϵ_r	: Relatif Permittivity udara (1,00054)
ϵ_e	: Permittivitas relatif campuran
ϵ_0	: Permittivitas udara ($8,854 \times 10^{-12}$)
A	: Luas Permukaan Elektroda
v	: Volume Material Bahan Pengisi
ϵ_1	: Konstanta Dielektrik Relatif material isolasi
ϵ_2	: Konstanta Dielektrik Relatif Bahan Pengisi
s	: Standar Deviasi
s^2	: Varian
E	: Nilai Intensitas Cahaya/Illuminasi
I	: Kepadatan Cahaya
r	: Jarak antara sumber cahaya ke objek
I_R	: Intensitas Radiasi
L	: Luminasi
F	: Fluks Cahaya
ω	: Steradian

DAFTAR ISTILAH

<i>Aging</i>	: Penuaan
<i>Breakdown</i>	: Tembus
<i>Breakdown Voltage</i>	: Tegangan Tembus
<i>Bubble</i>	: Gelembung udara pada sampel
<i>Band Gap</i>	: Celah Pita
<i>Complete Breakdown</i>	: Tembus Sempurna
<i>Contaminants</i>	: Kontaminan
<i>Cross Link</i>	: Ikatan yang selang-seling
<i>Covering Material</i>	: Material penutup
<i>Casting</i>	: Penuangan
<i>Curing</i>	: Pengawetan
<i>Dielectric Strength</i>	: Kekuatan dielektrik
<i>Dry Band Arching</i>	: Loncatan busur pada pita kering
<i>Erosion</i>	: Pengikisan
<i>Epoxy Resin</i>	: Resin epoksi
<i>Electrical Trees</i>	: Pohon listrik
<i>Electrical Stress</i>	: Tekanan listrik
<i>Enclosed Apparatus</i>	: Peralatan listrik dalam keadaan tertutup
<i>Filling Media</i>	: Media pengisi
<i>Filler</i>	: Pengisi
<i>Flashover</i>	: Lompatan bunga api listrik
<i>Hydrophobic</i>	: Sifat menolak air
<i>High Voltage Alternating Current</i>	: Tegangan tinggi bolak-balik
<i>Hardener</i>	: Pengeras/katalis
<i>Indoor Insulation</i>	: Peralatan listrik pasangan dalam

<i>Lower Electrode</i>	: Elektroda bagian bawah
<i>Leakage Current</i>	: Arus bocor
<i>Life Time</i>	: Usia pakai
<i>Moisture</i>	: Kelembaban
<i>Nanofiller</i>	: Pengisi berukuran nano
<i>Non-Toxic</i>	: Tidak beracun
<i>Outdoor Insulation</i>	: Peralatan listrik pasangan luar
<i>Protrusions</i>	: Tonjolan/permukaan yang tidak rata
<i>Partial Discharge</i>	: Peluahan sebagian
<i>Partial Discharge Inception Voltage</i>	: Tegangan awal peluahan sebagian
<i>Surface Discharge</i>	: Peluahan yang terjadi di permukaan
<i>Solid Support</i>	: Penyangga padat
<i>SiR</i>	: Material isolasi karet silikon
<i>Sparkover</i>	: Percikan bunga api listrik
<i>Sheet</i>	: Lembaran
<i>Stainless Steel</i>	: Baja stainless
<i>Tracking</i>	: Pelacakan
<i>Ultraviolet</i>	: Sinar ultraviolet
<i>Upper Electrode</i>	: Elektroda bagian atas
<i>Void</i>	: Rongga udara

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keandalan dalam perencanaan dan penyaluran energi listrik merupakan bagian terpenting untuk diperhatikan guna mengurangi terjadinya gangguan. Gangguan pada penyaluran energi listrik yang biasa terjadi adalah kegagalan isolasi yang menyebabkan sistem isolasi tidak berfungsi dengan baik dan berakibat kepada kegagalan penyaluran energi. Salah satu penyebab adanya peristiwa kegagalan isolasi diawali dengan terjadinya fenomena *partial discharge* (PD). PD merupakan peluahan muatan listrik yang menjembatani sebagian dari sistem isolasi, diantara konduktor, dan mungkin terjadi di sekitar konduktor [1]. PD terjadi akibat dari konsentrasi *electrical stress* pada suatu lokasi permukaan isolasi sehingga munculnya pita kering (*dryband*) yang nantinya akan memicu terjadi panas [2].

Oleh karena itu, dibutuhkan kinerja dan kualitas dari sistem isolasi agar dapat bekerja dengan keandalan yang baik. Isolasi polimer saat ini telah banyak dilakukan pengembangan karena memiliki kelebihan yang lebih unggul jika dibandingkan isolasi keramik (*porcelain*) dan kaca, seperti isolasi *Epoxy resin* yang digunakan pada tegangan menengah dan tinggi sebagai isolator jenis pin dan pos, bushing, trafo instrumen, dan *switchgear*.

Epoxy resin merupakan isolasi polimer *thermoset* yang telah banyak digunakan sebagai isolasi pasangan luar (*outdoor insulation*) karena memiliki keunggulan kuat, ringan, kekuatan dielektrik dan mekanik yang baik, serta memiliki ketahanan air, panas, dan kimia yang baik. Dalam pengaplikasiannya, *Epoxy resin* mudah dibuat menjadi bentuk apapun yang

diinginkan pada suhu ruangan [3]. Akan tetapi, *Epoxy resin* rentan terhadap cuaca iklim dan radiasi *ultraviolet* (UV) yang dapat menyebabkan ketahanan isolasi menjadi buruk. Apabila *Epoxy resin* memiliki ketahanan listrik yang rendah maka akan mengakibatkan kegagalan isolasi [4].

Epoxy resin yang diberi bahan pengisi nano anorganik kini sangat populer digunakan karena dapat menunjukkan peningkatan kekuatan dielektrik, serta mengurangi waktu terjadinya peluahan sebagian dan kegagalan isolasi [5]. Hal inilah dapat menciptakan pemakaian peralatan listrik yang lebih kompak dan dapat bertahan lebih lama. Pengisi *nanofiller* seperti Titanium Dioksida (TiO_2) dapat dijadikan penguatan material isolasi *Epoxy resin* dalam menahan *stress* tegangan dikarenakan bahan pengisi ini memiliki resistivitas listrik dan konduktivitas termal yang tinggi, serta dapat meminimalisir terjadinya *tracking* dan *erosion* [3]. Titanium dioksida juga memiliki keunggulan lain, yaitu memiliki sifat fotokatalis yang tinggi dimana dapat meningkatkan daya serap radiasi UV yang baik pada material isolasi [6].

Akan tetapi, penelitian mengenai isolasi *Epoxy resin* yang diberi pengisi TiO_2 sudah banyak dilakukan oleh peneliti dalam meningkatkan kekuatan dielektrik. Beberapa referensi mengungkapkan bahwa sinar UV dapat menghancurkan ikatan kovalen dalam bahan organik dan dapat menghasilkan serangkaian efek degradasi yang berbahaya pada permukaan polimer dan semikonduktor apabila dipaparkan dengan waktu yang lama [7]. Sinar Ultraviolet (UV) merupakan suatu radiasi elektromagnetik yang bersumber dari sinar matahari. Dengan pemberian paparan sinar UV pada pengisi *nanofiller* TiO_2 diharapkan dapat mengetahui pengaruh yang terjadi apabila pengisi *nanofiller* TiO_2 dicampur dengan isolasi *Epoxy resin*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai “Karakteristik Peluahan

Sebagian pada Isolasi *Epoxy resin* dengan Pengisi *Nanofiller* TiO_2 yang Diberi Perlakuan Sinar UV”.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam perencanaan dan penyaluran energi listrik, material isolasi memiliki peran yang sangat penting. Ketahanan listrik dan mekanis pada isolasi *Epoxy resin* dapat menurun dikarenakan adanya penuaan (*aging*) dan faktor lainnya seperti cuaca dan radiasi *ultraviolet* (UV) yang menyebabkan degradasi pada permukaan pada material isolasi. Untuk meningkatkan kekuatan dielektrik pada *Epoxy resin* dapat dilakukan dengan pemberian pengisi *nanofiller* seperti TiO_2 .

Sinar UV merupakan salah satu faktor yang dapat mempercepat terjadinya penuaan (*aging*) apabila terpapar secara terus-menerus. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian *Epoxy resin* dengan diberi pengisi *nanofiller* TiO_2 yang diberi perlakuan sinar UV. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh sinar UV terhadap pengisi *nanofiller* yang digunakan sebagai pengisi pada material isolasi *Epoxy resin*. Dapat dikatakan bahwa, mempelajari karakteristik peluahan sebagian pada material isolasi *Epoxy resin* dengan diberi pengisi *nanofiller* TiO_2 dengan diberi perlakuan sinar UV sangat penting untuk dilakukan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini, antara lain :

1. Mendapatkan nilai komposisi konsentrasi pengisi *nanofiller* TiO_2 yang ideal pada material isolasi *Epoxy resin*;
2. Mendapatkan nilai *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dan *Breakdown Voltage* (V_{BD}) pada material isolasi *Epoxy resin* tanpa diberi perlakuan dan yang diberi perlakuan sinar UV;

3. Mempelajari pengaruh perlakuan sinar UV terhadap pengisi *nanofiller* TiO₂ yang digunakan sebagai pengisi pada isolasi *Epoxy resin*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki berbagai tahapan yang mencakup kegiatan yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Material isolasi yang digunakan berupa isolasi *Epoxy resin* yang dibuat dalam bentuk lembaran (*sheets*) dengan ukuran 50 mm x 50 mm dengan ketebalan 1 mm;
2. Bahan pengisi *nanofiller* yang digunakan adalah TiO₂ dengan komposisi konsentrasi 1 wt%, 3 wt%, dan 5 wt%;
3. Memberikan perlakuan sinar UV pada pengisi *nanofiller* TiO₂ dengan waktu lama paparan selama 24 jam;
4. Sistem elektroda yang digunakan adalah elektroda jarum-piring dengan jarak sela 1 mm dari permukaan sampel.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir terdiri dari 5 bab penulisan, yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran, yang akan dijelaskan pada masing-masing bab, sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang isolasi secara umum, kelebihan dan kekurangan dari material isolasi polimer *Epoxy resin*. Terdapat juga penjelasan mengenai pemberian pengisi *nanofiller* terhadap material isolasi *Epoxy resin*, dampak yang

terjadi pada isolasi jika diberi perlakuan UV, dan alasan mengapa studi ini perlu dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini dilakukannya studi literatur dengan mendapatkan berbagai sumber bacaan seperti *paper*, artikel, jurnal, *ebook*, skripsi dan sumber bacaan lain. Studi literatur penting dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan suatu informasi tentang penelitian terdahulu, ataupun informasi yang berhubungan mengenai isolasi polimer *Epoxy resin* dan pengisi *nanofiller* titanium dioksida ataupun sinar UV.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tempat dan waktu penelitian, langkah-langkah bagaimana penelitian dilakukan yakni dimulai dari persiapan alat dan bahan, proses perlakuan terhadap *nanofiller*, pembuatan sampel yang diberi pengisi *nanofiller*, pembuatan sistem elektroda, dan rangkaian pengujian, hingga teknik pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini hasil pengukuran *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) dan *Breakdown Voltage* (V_{BD}) nantinya akan diolah datanya menggunakan metode perhitungan, yang selanjutnya data-data pengukuran ini ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Data-data tersebut akan dianalisa berdasarkan teori dan hasil riset penelitian sebelumnya yang mungkin dapat mempengaruhi hasil penelitian yang dilakukan secara umum.

BAB V PENUTUP

Pada bagian ini akan dibuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta berisikan saran yang mana dapat dijadikan ide/gagasan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. P. Winarko Ari, Abdul Syakur, “Analisis Partial Discharge Pada Material Polimer Resin Epoksi Dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang,” *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, pp. 1–8, 2009.
- [2] A. Syakur, H. Berahim, N. Tumiran, and N. Rochmadi, “Electrical Tracking Formation on Silane Epoxy Resin under Various Contaminants,” *TELKOMNIKA (Telecommunication, Comput. Electron. Control.*, vol. 11, no. 1, 2013.
- [3] S. R. Mellam, R. Dinesh Kumar, V. Karthick, and K. Elanseralathan, “Effect of Filler Concentration on The Breakdown Strength of Epoxy Nanocomposites,” *2017 6th Int. Conf. Comput. Appl. Electr. Eng. Adv.*, pp. 226–229, 2017.
- [4] H. Prabowo, H. Berahim, and K. T. Sirait, “Mathematical analysis to study the electrical performance of RTV silane epoxy resins as the high voltage polimeric materials insulator in tropical climate,” *Proc. IEEE Int. Conf. Prop. Appl. Dielectr. Mater.*, no. February, pp. 404–407, 2006.
- [5] M. Liang and K. L. Wong, “Electrical Performance of Epoxy Resin Filled with Micro Particles and Nanoparticles,” *Energy Procedia, RMIT Univ. Melb.*, vol. 110, no. December 2016, pp. 162–167, 2017.
- [6] 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.
- [7] A. L. Andraday, H. S. Hamid, and A. Torikai, “Effects of climate

- change and UV-B on materials,” *Photochem. Photobiol. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 68–72, 2003.
- [8] J. S. T. Looms and M. C. Chapman, *Insulators for High Voltages*, vol. 11, no. 6. 1991.
- [9] J. Heri, A. Syakur, and Yuningtyastuti, “Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai),” *Res. Artic. Univ. Diponegoro Semarang*, vol. 14, no. 1, pp. 20-37–37, 2012.
- [10] B. Du, *Accelerating the discovery of new dielectric properties in polymer insulation*. 2017.
- [11] A. Kumar and R. K. Gupta, *Fundamentals of Polymer Engineering*. 2003.
- [12] R. S. Steven, “Pengaruh Polutan Terhadap Tahanan Permukaan Isolasi Epoxy Resin,” 2008.
- [13] Arshad, A. Nekahi, S. G. Mcmeekin, and M. Farzaneh, “Effect of Pollution Severity on Electric Field Distribution along a Polymeric Insulator,” pp. 612–615, 2015.
- [14] P. Karunarathna, K. Chithradewa, S. Kumara, C. Weerasekara, R. Sanarasinghe, and T. Rathnayake, “Study on Dielectric Properties of Epoxy Resin Nanocomposites,” *2019 Int. Symp. Adv. Electr. Commun. Technol. ISAECT 2019*, pp. 1–5, 2019.
- [15] S. Singha and M. J. Thomas, “Dielectric Properties of Epoxy Nanocomposites,” *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 23, no. 4, pp. 2095–2101, 2016.
- [16] Goodfellow, “Specification of Titanium Dioxide (TiO₂).” 2002, [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1179>. (Accessed on March 26, 2021)
- [17] Z. Farhadinejad, M. Ehsani, I. Ahmadi-Joneidi, A. Shayegani, and

- H. Mohseni, "Effects of UVC Radiation on Thermal, Electrical and Morphological Behavior of Silicone Rubber Insulators," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 19, no. 5, pp. 1740–1749, 2012.
- [18] S. U. Hamim, K. Mishra, and R. P. Singh, "Effect of UV Exposure on Mechanical Properties of POSS Reinforced Epoxy Nanocomposites," no. June 2014, pp. 147–152, 2015.
- [19] R. Arora and W. Mosch, *High Voltage and Electrical Insulation Engineering / Ravindra Arora, Wolfgang Mosch*. 2011.
- [20] N. Patel and G. P. Bhuj, "Partial Discharge Detection - an Overview," *P.G. Student, Dep. Electr. Eng. L. E. Coll. Eng. Morbi, Gujarat*, no. May, 2018.
- [21] J. V. Li and G. Ferrari, *Capacitance Spectroscopy of Semiconductors*, vol. 01, no. 01. 2018.
- [22] dan I. D. M. S. Harmen, A.H. Tambunan, E. Hartulistiyoso, "Rancang Bangun Alat dan Pengukuran Nilai Dielektrik pada Kisaran Frekuensi Radio," *Instrum. Des. Meas. Dielectr. Prop. Within Radio Freq. Range*, vol. 15, no. 2, pp. 100–110, 2001.
- [23] A. Z. Hameed, "Study of Effect of Ultraviolet Radiation (UV) on Thermal Conductivity and Electrically Properties For Composites Materials (Ep / Micro-MgO And Ep / Nano-MgO) and Hybrid Composites," *Univ. Anbar*, no. October, 2019.
- [24] M. F. A. Rizki, "Karakteristik Tegangan Peluahan Material Isolasi Sillicone Rubber (SiR) Yang Diberi Paparan Sinar Matahari," 2019.
- [25] A. F. Hidayat, H. Hermawan, and A. Syakur, "Pengaruh Sinar Ultraviolet Dan Komposisi Fly Ash Pada Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Terhadap Nilai Arus Bocor Dengan Kontaminan NH₄Cl Dan Air Hujan," *Transient*, vol. 6, no. 3, p. 308, 2017, doi: 10.14710/transient.6.3.308-315.

- [26] S. N. Kane, A. Mishra, and A. K. Dutta, "UV Radiation Effect Towards Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Composite Material: A Review Shahrudin," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 755, no. 1, 2016.
- [27] Y. S.H and Suharyanto, "Pengaruh Radiasi UV Buatan Terhadap Kerusakan Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane," *Jnteti*, vol. 2, no. 4, p. 4, 2013.
- [28] J. W. Z. and Y. G. B. X. Du, *Effects of TiO₂ Particles on Surface Charge of Epoxy Nanocomposites*. Tianjin University, China, 2012.
- [29] P. Preetha and M. J. Thomas, "AC Breakdown Characteristics of Epoxy Alumina Nanocomposites," *Annu. Rep. - Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, CEIDP*, pp. 26–29, 2010.
- [30] S. Yanolanda Suzantry H, "Pengujian kandungan esdd dan sifat hidrofobik bahan isolasi resin epoksi dengan bahan pengisi sekam padi," vol. 2, pp. 143–149, 2009.
- [31] D. J. Bergman, "The dielectric constant of a composite material-A problem in classical physics," *Phys. Rep.*, vol. 43, no. 9, pp. 377–407, 1978, doi: 10.1016/0370-1573(78)90009-1.
- [32] Krismadinata, Aprilwan, and A. B. Pulungan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya," *Pros. - Semin. Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, no. Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2018), pp. 192–201, 2018, [Online]. Available: <https://senter.ee.uinsgd.ac.id/repositori/index.php/prosiding/article/view/senter2018p22>.
- [33] P. Van Harten and I. E. Setiawan, *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Bandung, 1983.