SKRIPSI

PENGUJIAN KEKUATAN TEMBUS MATERIAL ISOLASI POLIMER *SILICONE RUBBER* MENGGUNAKAN MULTIELEKRODA

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

Oleh :
DESLIANI ASNA PUTRI
NIM. 03041181520096

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
AGUSTUS 2019

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

Judul

PENGUJIAN KEKUATAN TEMBUS MATERIAL ISOLASI POLIMER *SILICONE RUBBER* MENGGUNAKAN MULTIELEKRODA

Oleh :

DESLIANI ASNA PUTRI
NIM. 03041181520096

Telah diperiksa kebenarannya, diterima dan disahkan
Pada tanggal Agustus 2019

Indralaya, 2019
Ketua Jurusan Teknik Elektro,

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

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

Judul

PENGUJIAN KEKUATAN TEMBUS MATERIAL ISOLASI POLIMER *SILICONE RUBBER* MENGGUNAKAN MULTIELEKRODA

Oleh :
DESLIANI ASNA PUTRI
NIM. 03041181520096

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

Indralaya, 2019
Dosen Pembimbing Utama,

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

LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Desliani Asna Putri
Nomor Induk Mahasiswa: 03041181520096
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa,
Karya ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pengujian Kekuatan Tembus Material Isolasi Polimer *Silicone Rubbe*r Menggunakan Multielektroda", 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.

Indralaya, Juli 2019
Yang menyatakan,

Materai Rp 6000

Desliani Asna Putri

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

Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : _____

Tanggal : _____/_____/

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengujian Kekuatan Tembus Material Isolasi Polimer *Silicone Rubber* Menggunakan Multielektroda".

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan pendidikan dalam jenjang sarjana di Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan ini tidak dipungkiri mengalami berbagai hambatan, kesulitan dan tantangan tersendiri, namun berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, hal tersebut dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam segi kualitas, kuantitas maupun bahan observasi yang digunakan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang mendukung guna meningkatkan kualitas dari skripsi ini.

Pada akhir kata penghantar ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu, mendukung serta mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan ilmu di bidang teknik elektro terkhusus dibidang material isolasi.

Indralaya, Juli 2019

Desliani Asna Putri

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu saya mengucapkan banyak terimakasih dan skripsi ini saya persembahkan untuk:

- Kedua orang tua (Ferdi Putra dan Hasbiyah) , adik (Jami'a Fera Andisa Putri) serta keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberi semangat dalam penulisan skripsi ini;
- Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Penulis Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng dan Prof. Zainuddin Nawawi, Ph.D.;
- Rektor Unsri Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE dan Dekan Fakultas Teknik Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D.;
- Ketua Jurusan Teknik Elektro Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., dan Dosen Pembimbing Akademik Baginda Oloan Siregar, S.T., M.T., ;
- Laboran, Pranata, Senior dan teman-teman di Laboratorium TTPL Fakultas Teknik Unsri: Lukmanul Hakim, S.T., Syarifah Fitriani, S.T., Rachmad Fauzan, S.T., Akhiar Wista Arum, S.T..;
- Keluarga Besar Teknik Elektro angkatan 2015, terkhusus Tengku Khairunnisa, Nurhasanah, dan Regitha Cahyani Syafria Rabi;
- Sahabat-sahabatku yang semakin sulit untuk kumpul , Ade Irma Oktariani, Annissa Ramadhani, Cindy Malinda, Febby Fitria, Merina Septia, Shasqia Faradisa, Fanesha Amelia, Helda;
- Kedua sepupu (Ayu Seplistia Pratami dan Annisa Ul Khoiriyah) yang selalu mengingatkan dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini;
- Serta pihak lainnya yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu.

Semoga segala kebaikan dibalas dengan yang lebih baik oleh Allah SWT.

Bumi Sriwijaya, Juli 2019.

Desliani Asna Putri

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Desliani Asna Putri
NIM	: 03041181520096
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, "Pengujian Kekuatan Tembus Material Isolasi Polimer *Silicone Rubber* Menggunakan Multielektroda" 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 : Indralaya
Pada tanggal : Juni 2019
Yang menyatakan,

Meterai Rp 6000

Desliani Asna Putri

ABSTRAK

Untuk mendapatkan karakteristik tegangan peluahan dari isolasi polimer *silicone rubber* (SiR) yang mendapat stress tegangan dari elektroda yang dibuat dalam susunan berkas elektroda telah dilakukan pengujian dengan menggunakan tegangan tinggi bolak balik (HVAC). Pengujian dilakukan pada tiga jarak variasi sela yaitu 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm. Sampel uji berupa lembaran SiR dengan ketebalan 1 mm dibuat dalam ukuran 50 mm x 50 mm. Multielektroda dengan variasi jumlah elektroda 1 jarum, 4 jarum, dan 6 jarum untuk melihat pengaruh bentuk susunan dan jumlah elektroda terhadap nilai tegangan peluahan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan peluahan awal (PDIV) dan tegangan tembus (V_{BD}) akan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah elektroda. Fenomena kenaikan tegangan ini terjadi terkait dengan terbentuknya kerapatan medan elektrik yang tinggi pada sekitar ujung elektroda sela, dan kapasitansi (C) pada sela udara , serta energi dari muatan (Q) yang memicu terjadinya panas pada permukaan isolasi.

Kata Kunci : Silicone Rubber, Multielektroda, PDIV, V_{BD}

ABSTRACT

To obtain the discharge voltage characteristics of the silicone rubber (SiR) polymer isolation which gets stress of stress from the electrodes which is made in the electrode beam arrangement, the testing has been done using alternating high voltage (HVAC). It was carried out on three intervals of variation between 0.5 mm, 1 mm and 1.5 mm. The samples test were in the form of SiR sheets which a thickness of 1 mm were made in sizes 50 mm x 50 mm. Multi electrodes with variations in the number of electrodes 1 needle, 4 needles, and 6 needles to see the effect of the arrangement of shapes and the number of electrodes toward the value of discharge stress occured. The results showed that the initial discharge voltage (PDIV) and breakdown voltage (VBD) would increase as the number of electrodes increased. This phenomenon of the increase voltage was occurred due to the formation of a high electric field density around the end of the interfering electrode, the capacitance (C) between the air, and energy from the charge (Q) which triggerred heat on the surface of the insulation.

Keywords: Silicone Rubber, Multielektroda, PDIV, V_{BD}

DAFTAR ISI

LEMBAR IDENTITAS i
LEMBAR PENGESAHAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN iii
LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS 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 xv
DAFTAR RUMUS xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
NOMENKLATUR xvii
DAFTAR ISTILAH xviii
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB II.TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Umum ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2 Polimer 6
2.2.1 Pengelompokan Polimer 8
2.2.2 Tahanan Isolasi 10

2.2.3 Sifat Termal Polimer 10
2.3 Mekanisme Kegagalan pada Isolasi Padat 11
2.4 Kuat Dielektrik 14
2.4.1 Karakteristik Dielektrik Polimer/Bahan Isolasi 14
2.4.2 Perhitungan Kapasitansi 15
2.5 Silicone Rubber 16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN 19
3.1 Umum 19
3.3 Bahan, Peralatan, Penyiapan Sampel Uji 20
3.3.1 Peralatan Pengujian 20
3.3.2 Bahan Sampel 23
3.4 Penyiapan Sampel 24
3.4.1 Bahan dan Material 24
3.4.2 Proses Pembuatan Lembaran Sampel 24
3.4.3 Proses Penghilangan Rongga Udara 25
3.4.4 Pemilihan Sampel 26
3.5 Sistem Elektroda 26
3.6 Ekperimental Setup 30
3.6.1 Rangkaian Pengujian 30
3.6.2 Prosedur Pengujian 32
3.6.3 Teknik Pengambilan Data 33
3.7 Bagan Alir Penelitian 34
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Umum 35
4.2 Hasil Pengujian 35
4.3 Diskusi 38
BAB V. PENUTUP 41
5.1 Kesimpulan 41
5.2 Saran 41

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumus Kimia PVC 8
Gambar 2.2 Mekanisme Kegagalan pada Isolasi 11
Gambar 2.3 Kegagalan Termal 13
Gambar 2.4 Struktur Rantai *Silicone Rubber* 17
Gambar 3.1 Transformator Pembangkit Tegangan Tinggi AC 21
Gambar 3.2 *High Voltage Probe* Seri Tetronix P6015A 21
Gambar 3.3 *Picoscope* 4000 series 22
Gambar 3.4 Tahanan Tinggi Pembatas Arus 23
Gambar 3.5 Lembaran Silicone Rubber 23
Gambar 3.6 Desain Ukuran Sampel Pengujian 24
Gambar 3.7 Proses Pencetakan SiR pada Cetakan Kaca 26
Gambar 3.8 Gambar Teknik Rancangan Sistem Elektroda Jarum-Piring dengan Pengatur Jarak Sela Sekrup Mikrometer 27
Gambar 3.9 Elektroda Jarum 28
Gambar 3.10 Elektroda Piring Ø 90 mm 29
Gambar 3.11 Jarum elektroda (a) 1 Elektroda ; (b) 4 Elektroda ; dan (c) 6 Elektroda 29
Gambar 3.12 Medan Listrik yang Terbentuk pada Elektroda (a) 1 Elektroda; (b) 4 Elektroda ;dan (c) 6 Elektroda 30
Gambar 3.13 Sistem Elektroda Jarum-Piring untuk Pengujian Sampel 30
Gambar 3.14 Susunan Elektroda Jarum-Piring dengan Lembar Sampel yang Ditempatkan Diantara pada Sela Udara 31
Gambar 3.15 Rangkaian Pengujian 32
Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian 34
Gambar 4.1 Grafik Data PD Inception Voltage dengan Variasi Jarak Sela. 36
Gambar 4.2 Grafik Data Breakdown Voltage dengan Variasi Jarak Sela 37

Gambar 4.3 Grafik Data PD Inception Voltage dengan Variasi Jumlah Elektroda 37

Gambar 4.4 Grafik Data PD Inception Voltage dengan Variasi Jumlah Elektroda 38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Polimer Sintetis 9

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 13

Persamaan 2.2 15

Persamaan 2.3 15

Persamaan 2.4 16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peralatan dan Bahan Sampel

Lampiran 2 Data Hasil Pengukuran

Lampiran 3 Nilai Kapasitansi Sampel

Lampiran 4 Gambar Permukaan Sampel yang Telah Diuji

Lampiran 5 Kalibrasi Pembacaan Nilai Tegangan pada Transformator dan Picoscope

Lampiran 6 Tampilan Bentuk Gelombang dan Nilai pada Monitor Picoscope

Lampiran 7 Jadwal Kegiatan Penelitian

Lampiran 8 Lembar Hasil Pengujian Kemiripan (*Similarity Check*)

NOMENKLATUR

d	*:*	Jarak celah
Cg	*:*	Kapasitansi gap udara
Cd	*:*	Kapasitansi bahan dielektrik
d	*:*	Jarak celah udara
εr	*:*	Relatif *permitivity*
εe	*:*	Konstanta dielektrik relatif campuran
v	*:*	Volume material bahan pengisi
$\varepsilon 0$	*:*	Vakum *permitivity*
A	*:*	Luas permukaan elektroda

DAFTAR ISTILAH

Partial Discharge Inception Voltage	*:* Tegangan awal peluahan sebagian
Breakdown Voltage	*:* Tegangan tembus
Dielectric Breakdown	*:* Tembus dielektrik
Hydrofobic	*:* Sifat menolak air pada material isolasi polimer
Aging Stability	*:* Stabilitas penuaan
Electrical Stress	*:* Tekanan listrik
Void	*:* Gelembung udara / rongga udara

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehandalan sistem distribusi peralatan listrik sangat dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan manusia terhadap energi listrik. Isolasi merupakan salah satu hal penting dalam peralatan listrik tegangan tinggi , dikarenakan sifat bahan yang memisahkan secara elektris dua atau lebih konduktor bermuatan yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus atau pelepasan energi listrik berupa percikan api atau *sparkover* dan lompatan listrik atau *flashover* pada peralatan penghantar listrik. Pemilihan bahan isolasi tergantung dari tingkat kemampuan elektrik material dalam menahan arus agar tidak mengalir ketempat yang tidak diinginkan, dengan demikian material mempengaruhi keandalan isolasi. Pemilihan isolasi yang baik akan mempengaruhi keoptimalan suatu peralatan listrik, maka diperlukan isolasi yang memiliki tingkat kekuatan mekanis yang tinggi agar dapat menahan arus listrik dengan baik, tahan terhadap temperatur yang sangat tinggi maupun rendah, serta tahan terhadap penuaan oleh faktor eksternal. [1][2]

Ada tiga macam isolasi yaitu padat, cair dan gas. Tahanan dari isolasi padat lebih baik dibandingkan dengan ketahanan isolasi cair maupun isolasi gas, namun apabila mengalami kegagalan listrik maka akan sulit untuk kembali kebentuk semula.

Adapun material isolasi padat yang banyak digunakan adalah polimer. Terdapat berbagai macam jenis polimer, salah satunya yaitu *Silicone Rubber* (SiR). Isolasi *silicone rubber* memiliki keunggulan yang baik karena

memiliki tahanan yang besar terhadap suhu tinggi sehingga dapat menerima stress tegangan, tetap lentur dalam suhu yang sangat rendah, memiliki tahanan yang besar terhadap suhu tinggi sehingga dapat menerima stress tegangan dan mempunyai kelembaban yang rendah. *Silicone rubber* juga memiliki sifat *hydrofhobic* yaitu sifat menolak air yang membuat polusi tidak mudah menempel pada material isolasi, sehingga material isolasi tetap memiliki ketahanan yang baik walaupun di tempat yang berpolusi. [3]

Dalam pengujian *silicone rubber* ,diperlukan adanya elektroda. Elektroda digunakan sebagai media penghantar listrik dalam peralatan tegangan tinggi. Beberapa peralatan listrik menggunakan beberapa elektroda, contohnya pada penggunaan peralatan medis. Pada penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan nilai tegangan yang dihasilkan apabila menggunakan satu buah elektroda dan beberapa elektroda.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini ditujukan untuk menguji nilai kekuatan tembus maksimal yang dapat ditahan oleh material isolasi *silicone rubber* apabila diberi perlakuan dengan menggunakan multielektroda sebagai media penghantar tegangan. [4][5]

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah yakni percobaan dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan tembus maksimal yang dapat ditahan material isolasi *silicone rubber* dengan menggunakan multielektroda serta membandingkan nilai tegangan yang dihasilkan apabila menggunakan satu buah elektroda dan beberapa elektroda.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan kekuatan tembus maksimal yang dapat ditahan material isolasi *silicone rubber* dengan menggunakan multielektroda.
2. Untuk membandingkan nilai tegangan yang dihasilkan antara satu buah elektroda dan beberapa elektroda.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan material isolasi polimer jenis *silicone rubber* RTV 586 sebagai sampel uji. Pengujian kekuatan tegangan tembus dilakukan pada temperatur ruang dengan mengaplikasikan tegangan tinggi bolak-balik (HVAC) yang diterapkan pada sistem elektroda jarum dan elektroda piring, variasi penggunaan elektroda jarum pengujian yaitu 1 jarum, 4 jarum dan 6 jarum. Pengukuran *PD Inception Voltage* dan tegangan tembus menggunakan jarak sela yaitu 0,5 mm ,1 mm dan 1,5 mm diantara elektroda dan permukaan diatas sampel.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini ditulis dalam 5 bagian utama, yang terdiri dari Pendahuluan, Studi literatur, Metodologi, Hasil dan diskusi, dan Kesimpulan dan saran, masing-masing bagian secara ringkas dijelaskan sebagai berikut:

(1) Pendahuluan

Pada bagian ini menjelaskan isolasi secara umum jenis serta fungsinya. Secara khusus juga dijelaskan keunggulan material isolasi *silicone rubber* , penggunaan multielektroda serta alasan mengapa studi ini perlu dilakukan.

(2) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai tinjauan pustaka dengan memanfaatkan berbagai sumber bacaan seperti artikel jurnal, paper, skripsi, dan sumber bacaan lain. Studi literatur sangat penting dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. ataupun informasi lain terkait dengan isolasi polimer jenis SiR ini.

(3) Metode penelitian

Pada bagian ini dijelaskan bagaimana penelitian ini dilakukan, dimulai dari pemilihan jenis material yang dijadikan sampel uji dan proses perlakuan, sistem elektroda dan peralatan yang digunakan, serta jenis tegangan tinggi yang diaplikasikan. Instalasi percobaan atau eksperimental setup dan prosedurnya dijelaskan dengan gambar rangkaian dan langkah-langkah percobaan, serta tabel data hasil pengukuran yang akan dilakukan.

(4) Hasil dan diskusi

Hasil pengukuran nilai PDIV dan kekuatan tembus dari setiap sampel yang diuji pada penelitian ini, diolah dengan metoda statistik dan

perhitungan yang diperlukan, yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan gambar grafik sesuai dengan kebutuhan dari setiap kelompok atau grup data.

Selanjutnya sebagaimana lazimnya dalam suatu penelitian, data yang telah diolah dan disajikan itu dianalisa berdasarkan teori, formula, hasil riset-riset sebelumnya yang bersifat empirik, dan aspek-aspek lain yang mungkin dapat memberikan pengaruh terhadap hasil ekperimental ataupun penelitian ini secara umum.

(5) Kesimpulan dan Saran

Sebagai bagian akhir skripsi ini dibuat suatu kesimpulan terkait dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Karena Sebagai catatan dari hai-hal yang penting dan dipandang perlu untuk dilakukan selanjutnya dijadikan sebagai saran dari skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. Herlambang, “Efek Pelapisan Karet (Silikon Rubber) pada Permukaan Bahan Isolator Keramik dan Campuran Resin Epoksi dengan Abu Sekam (Polimer) terhadap Daya Tahan Isolasi pada Kondisi Berpolutan,” 2013.

[2] S. Muda dan A. Pradana, “Buku Ajar Teknik Tegangan Tinggi.” 2014.

[3] S. T. Prihatnolo, “Pengukuran Tegangan Tembus Dielektrik Udara Pada Berbagai Sela,” no. January 2011, 2011.

[4] A. I. Susan, A. S. Tayibnapis, M. Widodo, dan M. Nur, “Kajian Kelistrikan Plasma Pijar Korona Menggunakan Elektroda Multi Titik-Bidang dalam Perlakuan Tekstil,” *Arena Tekst.*, vol. 31, no. 1, hal. 11–16, 2016.

[5] P. Triadyaksa, Nasruddin, J. Wasiq, dan M. Nur, “Rancang Bangun dan Pengujian Sistem Reaktor Plasma Lucutan Pijar Korona Guna Mempercepat Pertumbuhan Tanaman Mangrove,” *J. Berk. Fis.*, vol. 10, no. 3, hal. 137–144, 2007.

[6] Arifianto, “Analisis Karakteristik Termal Pada Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500 Volt,” 2008.

[7] T. A. Purba, “Studi Tegangan Intial Discharge Resin Poliester pada Kondisi Kelembaban Tinggi dan Kering Menggunakan Sistem Elektroda Jarum-Bidang,” 2007.

[8] A. Syah, “Pengelompokkan Polimer.” 2013.

[9] R. Arora dan W. Mosch, *High Voltage and Electrical Insulation Engineering*, IEEE. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011.

[10] Tadjuddin, “Partial Discharge dan Kegagalan Bahan Isolasi,” 1998.

[11] R. F. Kurnia, “Pengukuran Tegangan Awal Partial Discharge Pada Susunan Isolasi-Isolasi,” Universitas Sriwijaya, 2008.

[12] David J. Bregman, “The Dielectric Constant Of A Composite Material,” *Phys. Rep.*, pp. 379–380, 1978.

[13] N. Yuniarti dan A. N. Afandi, “Tinjauan Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Silicone Rubber,” *Tekno*, no. 1981, 1998..