

**KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* PADA PERMUKAAN PCB  
(*EPOXY RESIN*) MENGGUNAKAN MEDIA ELEKTRODA PLAT-  
BATANG**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro



Disusun oleh:

**Chaafidh Dzulfiqor Yusri**

**E.5051.1807785**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG**

**2023**

**KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* PADA PERMUKAAN PCB  
(*EPOXY RESIN*) MENGGUNAKAN MEDIA ELEKTRODA PLAT-  
BATANG**

Disusun oleh:  
Chaafidh Dzulfiqor Yusri

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Chaafidh Dzulfiqor Yusri  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Januari 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang,  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
Dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**CHAAFIDH DZULFIQOR YUSRI**  
**E.5051.1807785**

**KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* PADA PERMUKAAN PCB  
(*EPOXY RESIN*) MENGGUNAKAN MEDIA ELEKTRODA PLAT-  
BATANG**

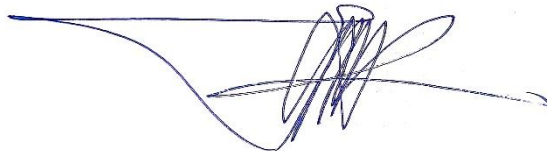
Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

**Dosen Pembimbing I**

 9/1-23  
**Dr. Elih Mulyana, M.Si.**

**NIP. 19640417 199202 1 001**

**Dosen Pembimbing II**

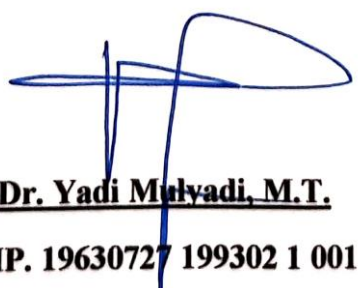


**Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T.**

**NIP. 19720119 200112 1 001**

Mengetahui,

**Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro**

  
**Dr. Yadi Mulyadi, M.T.**  
**NIP. 19630727 199302 1 001**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Karakteristik *Partial Discharge* pada Permukaan PCB (*Epoxy Resin*) Menggunakan Media Elektroda Plat-Batang” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 20 Mei 2022

Yang membuat pernyataan,

Chaafidh Dzulfiqor Yusri

NIM. 1807785

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhnanu Wa Ta'ala* karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik *Partial Discharge* pada Permukaan PCB (*Epoxy Resin*) Menggunakan Media Elektroda Plat-Batang”. Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi S1 Teknik Elektro.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, diskusi, bantuan informasi dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terimakasih tersebut ditujukan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Toni Yusmara dan Ibu Rita Aprianti yang senantiasa memberikan dukungan dalam bentuk doa, moral serta materil selama menjalani masa kuliah terkhusus dalam penyusunan skripsi ini.
2. Adik-adik tersayang, Chilma Yusri Khoirunnisa, Alfani Putri Andini, Chalisa Yusri Hubayya, Chayra Yusri Nadhifa yang telah memberikan dukungan dalam bentuk doa selama menjalani masa kuliah terkhusus dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T. selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Univeristas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak Dr. Elih Mulyana, M.Si. selaku dosen pembimbing I selama penyusunan skripsi telah memberikan keluasan waktu, ilmu dan wawasan dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan keluasan waktu, ilmu dan wawasan dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

7. Seluruh staff dosen dan administrasi Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Faiz selaku sahabat penulis yang senantiasa meminjamkan laptop selama penyusunan skripsi ini.
9. Bapak Neris selaku pembimbing penelitian dalam proyek skripsi ini.
10. Israj, Dio, Isal, Fallih, dan Rama selaku teman seperjuangan dalam proyek skripsi ini.
11. Hilmi, Daffa, Anton, Nandio, Jose, Harits, Dika, dan sahabat-sahabat di Ruang Mimpi *Coffee* yang telah memberi dukungan dalam penyusunan skripsi ini.
12. Alwi, Noval, Gilang, Endry, dan teman kelas seperjuangan D3 Teknik Elektro 2018 yang telah membantu proses penyusunan skripsi ini dan berjuang bersama untuk sampai ke titik ini.
13. Angga, Amel, Agung, Milzam, Reihan, Guruh, dan teman satu angkatan Departemen Teknik Elektro 2018 yang telah membantu proses penyusunan skripsi ini dan berjuang bersama untuk sampai ke titik ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah *Subhnahu Wa Ta'ala* membalas kebaikan semua pihak yang membantu dalam proses menyelesaikan skripsi ini. Dalam penelitian ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi pengembangan penelitian lebih lanjut. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, terkhusus untuk ilmu pengetahuan bidang terkait.

Bandung, 20 Mei 2022

Penulis

## ABSTRAK

Sistem tenaga listrik memiliki suatu sistem proteksi. Salah satunya biasa disebut dengan isolasi tenaga listrik. Agar suplai energi listrik bekerja dengan baik dan maksimal, maka sistem tersebut harus terisolasi dengan baik juga. Ada beberapa macam gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik, salah satunya adalah peluahan parsial atau *partial discharge*. *Partial discharge* adalah pelepasan muatan listrik lokal yang menjembatani sebagian insulasi antar konduktor dan yang terjadi baik di permukaan konduktor maupun di dalam konduktor. Pengukuran peluahan sebagian adalah standar umum yang mendefinisikan garis lebar pengukuran *partial discharge* (PD) pada peralatan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh media elektroda plat-batang terhadap pendeteksian *partial discharge*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui nilai batas tegangan dan karakteristik isolasi padat jenis PCB (*Epoxy Resin*) pada media elektroda plat-batang. Metode pendeteksian *partial discharge* ini dilakukan dengan cara memberi tegangan pada media elektroda melalui trafo *step-up* sampai tegangan *partial discharge* muncul dan dibaca oleh osiloskop untuk dilihat karakteristiknya. Beberapa indikator untuk menentukan karakteristik *partial discharge* tersebut adalah *background noise off* (BGN off), *background noise on* (BGN on), *partial discharge inception voltage* (PDIV), dan tegangan *partial discharge*. Setelah didapatkan, nilai indikator-indikator tersebut akan disimpan dalam flashdisk dan akan diolah datanya menggunakan *Microsoft Excel*. Setelah diteliti, pada media elektroda plat-batang dengan isolasi jenis PCB ini didapatkan bahwa nilai batas tegangannya adalah 1,3 kV. Dari nilai batas tegangan dan nilai pengolahan data indikator karakteristik *partial discharge* tersebut, didapat bahwa media elektroda plat-batang ini dapat mendeteksi *partial discharge* dengan baik.

**Kata Kunci:** Sistem Penyaluran Energi Listrik, Proteksi Tenaga Listrik, Isolasi, Gangguan Isolasi, *Partial Discharge*

## **ABSTRACT**

*The electric power system has a protection system. One of them is commonly called electric power isolation. In order for the supply of electrical energy to work properly and maximally, the system must be well isolated as well. There are several types of disturbances in the electric power distribution system, one of which is partial discharge. Partial discharge is a local electrical discharge that bridges part of the insulation between conductors and which occurs both on the surface of the conductor and inside the conductor. Partial discharge measurement is a common standard that defines the width of the partial discharge (PD) measurement on electrical equipment. This study aims to determine how the influence of bar-plate electrode media on the detection of partial discharge. This study also aims to determine the voltage limit value and characteristics of PCB (Epoxy Resin) type solid insulation on plate-rod electrode media. The partial discharge detection method is done by applying voltage to the electrode media through a step-up transformer until the partial discharge voltage appears and is read by an oscilloscope to see its characteristics. Some indicators to determine the characteristics of partial discharge are background noise off (BGN off), background noise on (BGN on), partial discharge inception voltage (PDIV), and partial discharge voltage. Once obtained, the value of these indicators will be stored on a flashdisk and the data will be processed using Microsoft Excel. After being examined, in the bar-plate electrode media with PCB type insulation, it is found that the voltage limit value is 1.3 kV. From the voltage limit value and the data processing value of the partial discharge characteristic indicator, it is found that this plate-rod electrode media can detect partial discharge well.*

**Keywords:** *Electrical Energy Distribution System, Power Protection, Insulation, Insulation Disturbance, Partial Discharge*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Tegangan Listrik.....	6
2.2.1 Klasifikasi Tegangan Listrik .....	7
2.2.2 Distribusi Listrik .....	8
2.3 Proteksi Tenaga Listrik.....	9
2.4 Isolasi Listrik.....	9
2.4.1 Isolasi Udara.....	10
2.4.2 Isolasi Padat .....	12
2.4.3 <i>Epoxy Resin</i> .....	13
2.4.4 <i>Printed Circuit Board</i> .....	14
2.5 <i>Partial Discharge</i> .....	16
2.5.1 <i>Internal Partial Discharge</i> .....	17
2.5.2 Jenis-Jenis <i>Partial Discharge</i> .....	18
2.5.3 Penyebab <i>Partial Discharge</i> .....	19
2.5.4 Metode Penelitian <i>Partial Discharge</i> .....	20

2.5.5	Penelitian dan Diagnostik <i>Partial Discharge</i> pada Peralatan Tegangan Tinggi .....	23
2.6	Parameter Pengukuran <i>Partial Discharge</i> .....	25
2.6.1	<i>Background Noise Off</i> .....	25
2.6.2	<i>Background Noise On</i> .....	25
2.6.3	<i>Partial Discharge Inception Voltage</i> .....	26
2.7	Bentuk Elektroda Dasar.....	27
2.7.1	Model Elektroda Umum.....	27
2.7.2	Karakteristik Elektroda Plat-Batang .....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....		30
3.1	Alur Penelitian.....	30
3.2	Lokasi Penelitian .....	30
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	31
3.4	Data Penunjang Penelitian.....	32
3.5	<i>Set-up</i> Rangkaian Percobaan <i>Partial Discharge</i> .....	32
3.6	Perangkat Penunjang Penelitian .....	34
3.7	Metode Pengambilan Data .....	40
3.8	Metode Pengolahan Data.....	46
BAB IV TEMUAN DAN BAHASAN .....		50
4.1	Pengaruh Media Elektroda Plat-Batang pada Penelitian <i>Partial Discharge</i> .....	50
4.2	Karakteristik Gelombang <i>Partial Discharge</i> pada permukaan isolasi PCB Menggunakan Elektroda Plat-Batang.....	52
4.2.1	<i>Background Noise Off</i> .....	53
4.2.2	<i>Background Noise On</i> .....	54
4.2.3	<i>Partial Discharge Inception Voltage</i> Negatif .....	56
4.2.4	<i>Partial Discharge Inception Voltage</i> Positif.....	57
4.2.5	<i>Partial Discharge</i> 1,2 x Nilai Tegangan PDIV Positif .....	58
4.2.6	<i>Partial Discharge</i> 1,2 x Nilai Tegangan PDIV Negatif.....	60
4.2.7	<i>Partial Discharge</i> 1,5 x Nilai Tegangan PDIV Positif .....	62
4.2.8	<i>Partial Discharge</i> 1,5 x Nilai Tegangan PDIV Negatif.....	63
4.2.9	Hasil Pengambilan Data Karakteristik Gelombang <i>Partial Discharge</i> pada Media Elektroda Plat-Batang.....	65
4.3	Hasil Nilai Gelombang Sensor HFCT dan <i>Loop Antenna</i> pada Deteksi <i>Partial Discharge</i> menggunakan Media Elektroda Plat-Batang.....	65

BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI .....	68
5.1    Simpulan .....	68
5.2    Implikasi .....	69
5.3    Rekomendasi.....	69
DAFTAR PUSTAKA .....	70
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	5
Tabel 2. 2 Rentang Tegangan Listrik.....	8
Tabel 2. 3 Model Elektroda pada Evaluasi Perilaku Dielektrik.....	11
Tabel 2. 4 Metode Non-Elektrik Partial Discharge.....	23
Tabel 4. 1 Perbandingan Tegangan PDIV pada Media Elektroda Berbeda.....	50
Tabel 4. 2 Tegangan Frekuensi BGN Off (HFCT) .....	53
Tabel 4. 3 Tegangan Frekuensi BGN Off (Loop Antenna) .....	53
Tabel 4. 4 Tegangan Frekuensi BGN On (HFCT).....	54
Tabel 4. 5 Tegangan Frekuensi BGN On (Loop Antenna) .....	55
Tabel 4. 6 Tegangan Frekuensi PDIV Negatif (HFCT).....	56
Tabel 4. 7 Tegangan Frekuensi PDIV Negatif (Loop Antenna) .....	56
Tabel 4. 8 Tegangan Frekuensi PDIV Positif (HFCT) .....	57
Tabel 4. 9 Tegangan Frekuensi PDIV Positif (Loop Antenna).....	58
Tabel 4. 10 Tegangan Frekuensi PD 1,2 x Positif (HFCT).....	59
Tabel 4. 11 Tegangan Frekuensi PD 1,2 x Positif (Loop Antenna).....	59
Tabel 4. 12 Tegangan Frekuensi PD 1,2 x Negatif (HFCT) .....	60
Tabel 4. 13 Tegangan Frekuensi PD 1,2 x Negatif (Loop Antenna) .....	61
Tabel 4. 14 Tegangan Frekuensi PD 1,5 x Positif (HFCT).....	62
Tabel 4. 15 Tegangan Frekuensi PD 1,5 x Positif (Loop Antenna).....	62
Tabel 4. 16 Tegangan Frekuensi 1,5 x Negatif (HFCT) .....	63
Tabel 4. 17 Tegangan Frekuensi PD 1,5 x Negatif (Loop Antenna) .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Distribusi Tenaga Listrik.....	8
Gambar 2. 2 Karakter Kimia Grup Epoxy .....	13
Gambar 2. 3 Arrester Berbahan Epoxy .....	14
Gambar 2. 4 Lapisan-Lapisan Double Sided PCB.....	14
Gambar 2. 5 Surface Partial Discharge .....	16
Gambar 2. 6 Persentase Kegagalan Isolasi pada Sistem Tenaga Listrik.....	17
Gambar 2. 7 Tipikal Konfigurasi Partial Discharge.....	18
Gambar 2. 8 Rangkaian Dasar Pengukuran Partial Discharge.....	20
Gambar 2. 9 Fenomena dari Sumber Partial Discharge .....	24
Gambar 2. 10 Noise pada BGN Off .....	25
Gambar 2. 11 Noise pada BGN On.....	26
Gambar 2. 12 Model Elektroda Umum.....	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3. 2 Lokasi Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro UPI .....	31
Gambar 3. 3 Media Elektroda Plat-Batang .....	33
Gambar 3. 4 Ukuran Elektroda Plat-Batang .....	33
Gambar 3. 5 Bentuk dan Ukuran Dudukan Elektroda .....	34
Gambar 3. 6 Rangkaian Uji Penelitian.....	34
Gambar 3. 7 Control Desk Beserta Spesifikasinya .....	35
Gambar 3. 8 Trafo Step-Up Beserta Spesifikasinya .....	36
Gambar 3. 9 Resistor Pembatas .....	37
Gambar 3. 10 Coupling Capacitor .....	37
Gambar 3. 11 Media Elektroda Plat-Batang .....	38
Gambar 3. 12 Media Isolasi PCB (Epoxy Resin) .....	39
Gambar 3. 13 High Frequency Current Transformer.....	39
Gambar 3. 14 Loop Antenna.....	40
Gambar 3. 15 Osiloskop.....	40
Gambar 3. 16 Diagram Alir Pengambilan Data .....	41
Gambar 3. 17 Rangkaian Penelitian Partial Discharge .....	42
Gambar 3. 18 Tampilan Menu Save/Rec .....	43

Gambar 3. 19 Diagram Alir Pengolahan Data .....	47
Gambar 3. 20 Contoh File CSV pada Excel .....	48
Gambar 3. 21 Contoh Pengolahan Data pada Excel .....	48
Gambar 3. 22 Tampilan Gelombang dan Detail Tegangan pada Osiloskop.....	49
Gambar 4. 1 Elektroda Plat-Plat.....	51
Gambar 4. 2 Elektroda Plat-Batang .....	51
Gambar 4. 3 Hasil Pengolahan Data Penelitian Partial Discharge.....	52
Gambar 4. 4 Gelombang Partial Discharge dari Masing-Masing Sensor .....	66
Gambar 4. 5 Tegangan Frekuensi pada Salah Satu Tegangan Partial Discharge .	67

## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, N. K., Kurnia, R. F., & Nawawi, Z. (2021). Pengaruh Jumlah Rongga Udara (*Void*) terhadap Karakteristik *Partial Discharge Inception Voltage* (PDIV) pada Isolasi Berlapis *Silicone Rubber* (*Doctoral Dissertation*, Sriwijaya University).
- Ardiansyah, N. P., & Pramudita, R. (2020). Karakteristik *Surface Partial Discharge* di Sekitar Antarmuka PCB pada Pelat-Pelat Elektroda pada Isolasi Udara dan Minyak. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(2), 65-73.
- Kind, D., & Kärner, H. (1985). *High-voltage insulation technology* (Vol. 621). Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Ferdiansyah, D., Nainggolan, J. M., & Despa, D. (2016). Karakteristik Peluahan Sebagian (*Partial Discharge*) Pada Isolasi Epoksi Resin (*Resin Epoxy*) dengan Metode Emisi Akustik. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 3(1).
- Laksono, D. T., Laksono, D. T., & Khayam, U. (2020, July). *Comparison of Partial Discharge Characteristics Detected by RC Detector and Rectangular Antenna*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 3, p. 032086). *IOP Publishing*.
- Martoni, D., Juningtyastuti, J., & Syakur, A. (2011). Analisis Karakteristik Peluahan Sebagian pada Model *Void* Berdasarkan Fungsi Waktu dan Tegangan dalam *Polyvinyl Chloride* (PVC) (*Doctoral dissertation*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- Mika, M., Patras, L. S., & Lisi, F. (2009). Perancangan Pendeteksi *Partial Discharge* pada Isolasi Padat. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(3), 161-170.
- Mustika, A. D., & Dewi, R. P. (2020). Pengujian *Partial Discharge* Konfigurasi E lektroda Jarum-Plat Pada Isolasi Udara Menggunakan Metode Elektrik; *Detecting Impedance* (RC). *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 36-42.
- Nurhandini, N. (2015). Analisis Karakteristik *Partial Discharge* pada Model *Void* dengan Sela Udara Terbuka (*Doctoral dissertation*, Universitas Andalas).
- Primasetya, N. (2019). Analisis Karakteristik *Partial Discharge* terhadap Pengaruh Lokasi Rongga Udara pada Isolasi *Polyethylene* (*Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya).
- Raymond, W. J. K., Illias, H. A., & Mokhlis, H. (2015). *Partial discharge classifications: Review of recent progress*. *Measurement*, 68, 164-181.

- Sitorus, H. B. H., Sinaga, H. H., & Jaenussolihin, M. (2008). Pola Peluahan Parsial (*Partial Discharge*-PD) Pada Bahan Isolasi *Epoxy Resin*. *Electrician*, 2(2), 121-132.
- Standard, I. (2000). *High-voltage test techniques: partial discharge measurements*. IEC-60270, 13-31.
- Syakur, A., & Ari, P. (2008). Studi Pengaruh Temperatur pada Karakteristik *Partial Discharge* Pada Bahan Resin Epoksi. *Media elektrika*, 1(2).
- Syakur, A., Winarko, A. P., Berahim, H., Sarjiya, S., & Rochmadi, R. Studi Pengukuran *Partial Discharge* pada Bahan Resin Epoksi. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(1), 49-52.
- Taha, I. B., Dessouky, S. S., Ghaly, R. N., & Ghoneim, S. S. (2020). *Enhanced partial discharge location determination for transformer insulating oils considering allocations and uncertainties of acoustic measurements*. *Alexandria Engineering Journal*, 59(6), 4759-4769.
- Zaputra, S. (2019). Karakteristik Arus Bocor Peluahan Sebagian Material Resin Epoksi Trafo Arus Distribusi pada Kondisi Polutan Kabut Garam. *Jurnal TEDC*, 11(2), 192-196.