

# KARAKTERISTIK PELUAHAN PADA PERMUKAAN AKRILIK DI SEKELILING ELEKTRODA PLAT

Neris Peri Ardiansyah<sup>1</sup>, Rian Nurdiansyah<sup>2</sup>, Umar Khayam<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia<sup>1</sup>  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya Indonesia<sup>2</sup>  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia<sup>3</sup>  
email: riannurdiansyah42@unsil.ac.id

## Abstract

More than 50% of damage to power system instruments is caused by insulator defect. This insulator defect closely related to Partial Discharge (PD) because in addition to triggering the occurrence of damage to the insulator can also be a sign of the beginning of damage to the insulator. Therefore, the detection and measurement of PD is very important to know the existence and nature of damage to an insulator that is tested, so that preventive action can be taken as soon as possible when damage occurs and prevent the damage to increase and spread to other equipment with vital functions to the power system. In this experiment, testing and measurement of PD on a solid insulator material acrylic was done by referring to the IEC 60270 standard. The results of Partial Discharge Inception Voltage (PDIV) measurements on the insulator produce a conclusion that the PD is most likely a surface PD, because the PDIV value is much smaller than the value of acrylic voltage breakdown and closer to the air voltage breakdown.

**Keywords:** acrylic, partial discharge, plane electrode, solid insulation, surface discharge.

## Abstrak

Lebih dari 50% kerusakan pada instrumen sistem daya disebabkan oleh cacat isolator. Cacat isolator ini terkait erat dengan peluahan sebagian karena selain memicu terjadinya kerusakan pada isolator juga bisa menjadi pertanda awal kerusakan isolator. Oleh karena itu, deteksi dan pengukuran peluahan sebagian sangat penting untuk mengetahui keberadaan dan sifat kerusakan pada isolator yang diuji, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sesegera mungkin ketika kerusakan terjadi dan mencegah peningkatan kerusakan dan menyebar ke peralatan lain dengan fungsi vital ke sistem daya. Dalam percobaan ini, pengujian dan pengukuran peluahan sebagian pada bahan isolator padat akrilik dengan mengacu pada standar IEC 60270. Hasil pengukuran *Partial Discharge Inception Voltage (PDIV)* pada isolator menghasilkan kesimpulan bahwa peluahan sebagian yang terjadi adalah peluahan sebagian permukaan, karena nilai *PDIV* jauh lebih kecil dari nilai tegangan *breakdown* akrilik dan lebih mendekati tegangan *breakdown* udara.

**Kata Kunci:** akrilik, elektroda plat, isolasi padat, peluahan permukaan, peluahan sebagian.

## I. PENDAHULUAN

Kerusakan dari peralatan tegangan tinggi 56% terjadi disebabkan kerusakan pada isolator [1],[2]. Kerusakan tersebut sebagian besar didahului dengan munculnya peluahan sebagian pada bagian isolator tersebut. Pada dasarnya, peluahan sebagian merupakan fenomena yang tidak bisa lepas dari peralatan tegangan tinggi. Selama ada tegangan tinggi maka bisa dipastikan pada peralatan atau instrumen tegangan tinggi tersebut akan terjadi peluahan sebagian. Hanya saja, apakah sifat dari peluahan sebagian tersebut merusak atau tidak serta apakah bisa membesar menjadi tembus keseluruhan atau tidak merupakan suatu yang harus dianalisis lebih lanjut dengan melaksanakan pengukuran yang benar dan sesuai dengan standar yang bisa dipertanggungjawabkan [3],[4].

Salah satu jenis kerusakan yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi adalah pada papan PCB elektronika daya. Kemungkinan terjadi peluahan sebagian pada papan sirkuit elektronika daya sangat tinggi disebabkan besarnya rapat medan listrik pada daerah pertemuan antara komponen elektronika daya dan papan sirkuitnya [5],[6]. Peluahan sebagian yang kemungkinan terjadi adalah peluahan sebagian permukaan. Peluahan sebagian ini terjadi pada permukaan isolator yang melindungi bagian konduktor dari pengaruh lingkungan yang merusak. Namun jika bagian isolator ini mengalami kerusakan karena terjadi peluahan sebagian permukaan, maka yang akan terjadi adalah konduktor yang seharusnya dilindungi oleh isolator lebih cepat mengalami kerusakan [7].

Maka dari itu perlu dilakukan pengujian agar bisa diketahui jenis peluahan sebagian yang terjadi serta sifat dari peluahan sebagian tersebut sehingga bisa dilakukan perbandingan dan pengujian terhadap peluahan sebagian yang terjadi pada kondisi sebenarnya. Hasil dari pengujian tersebut bisa dianalisa dan kemudian menjadi dasar pertimbangan tindakan pencegahan yang dapat dilakukan. Meski banyak kejadian kerusakan isolator dikarenakan peluahan sebagian permukaan, penelitian yang dilakukan terhadap sifat dan kejadiannya masih sangat minim. Sehingga perlu dilakukan pengujian lainnya untuk melakukan tindakan pencegahan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih besar. Karena untuk peluahan sebagian permukaan, proses kerusakan yang dialami oleh isolator berlangsung sangat lama sehingga sangat memungkinkan untuk melakukan tindakan pencegahan jika terdeteksi sedini mungkin.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Peluahan Sebagian merupakan suatu fenomena yang terjadi pada tegangan tinggi. Salah satu bentuk peluahan sebagian yang sering ditemui adalah berupa corona. Bentuk peluahan sebagian lainnya adalah peluahan permukaan yang terjadi karena perbedaan kemampuan permitivitas antara bahan isolator yang digunakan.

Dalam pengaruh medan listrik yang terjadi karena tegangan tinggi, kondisi perbedaan permitivitas tersebut membuat terjadinya ionisasi pada udara di sekitar permukaan isolasi terjadi lebih cepat. Percepatan ionisasi tersebut terjadi karena ketidak homogenan medan listrik di sekitar

permukaan isolator yang memiliki perbedaan kemampuan permitivitas.

Seperti peluahan lainnya, peluahan permukaan akan menghasilkan beberapa fenomena yang bisa digunakan sebagai deteksi terjadinya peluahan diantaranya yaitu:

1. Sinyal elektrik berupa arus peluahan,
2. Gelombang elektromagnetik,
3. Sinyal akustik berupa getaran.

Sensor yang bisa digunakan sebagai pendeteksi fenomena yang terjadi adalah:

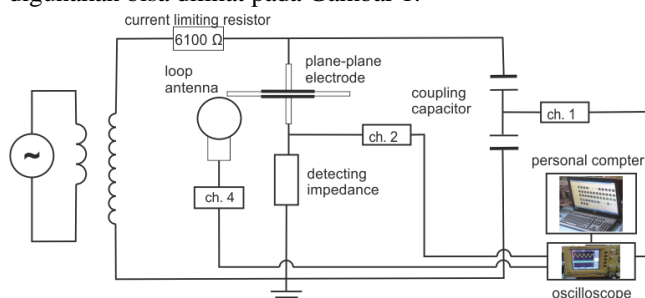
1. Rangkaian RC untuk mendeteksi arus peluahan yang terjadi,
2. *Loop antenna* yang digunakan untuk mendeteksi gelombang elektromagnetik peluahan,
3. Sensor akustik untuk mendeteksi sinyal akustik yang dihasilkan peluahan.

Deteksi terhadap peluahan yang terjadi bertujuan untuk mendapatkan beberapa hasil pengukuran diantaranya yaitu:

1. Nilai tegangan PDIV yaitu tegangan ketika munculnya sinyal peluahan sebagian yang pertama.
2. Nilai tegangan breakdown yaitu tegangan ketika media isolasi yang digunakan mengalami kerusakan secara permanen.
3. Karakteristik bentuk sinyal PD yang terjadi
4. Pola terjadinya sinyal PD seiring pertambahan tegangan percobaan.

### III. METODE PENELITIAN

Pengujian peluahan sebagian terhadap objek dilakukan dengan menggunakan standar IEC 60270 yang menjelaskan mengenai teknik pengujian peluahan sebagian dan pengukuran dari sifat-sifat PD tersebut [8]. Sumber tegangan tinggi berupa Trafo step up digunakan untuk mensuplai tegangan ke rangkaian percobaan. Resistor pembatas, berfungsi untuk membatasi arus yang mengalir dalam rangkaian. Pemilihan nilai Resistor harus memperhatikan kemampuan/batas arus yang mampu ditahan oleh sumber, kabel dan peralatan tegangan tinggi yang akan diuji. Detail lengkap rangkaian pengujian peluahan sebagian yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 1.

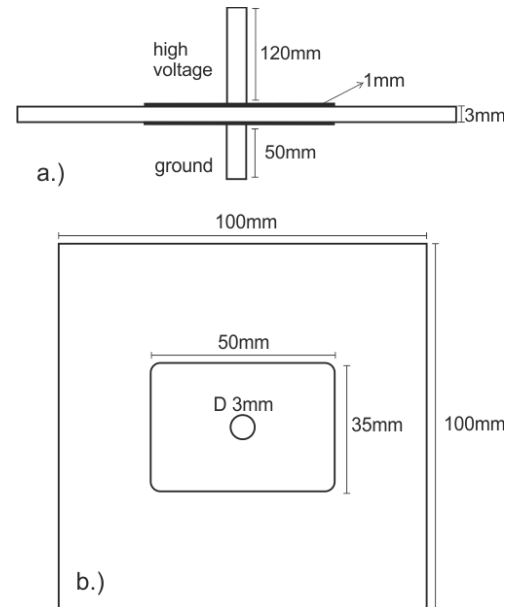


Gbr 1. Rangkaian percobaan Partial Discharge.

Coupling Capacitor, berfungsi untuk melewatkan arus frekuensi tinggi dari sinyal peluahan sebagian. Pemilihan kapasitansi dari coupling capacitor harus lebih besar dari kapasitansi peralatan tegangan tinggi yang diuji agar saat pengisian kapasitor, kapasitor peralatan lebih cepat penuh dan pada kondisi discharge akan menjadi sumber arus (arus PD) yang akan diukur.

Model objek uji yang digunakan adalah berupa lembaran akrilik berbentuk persegi dengan sisi 100mm dan tebal 3mm yang diapit dan ditekan oleh dua elektroda

berbentuk plat yang pada sisi-sisinya dihaluskan berukuran panjang 50mm dan lebar 35mm dengan ketebalan 1mm. Bagian elektroda yang tersambung ke tegangan tinggi memiliki batang dengan panjang 120mm dan yang tersambung ke ground memiliki panjang 50mm. Desain objek uji ini bertujuan untuk memodelkan sebuah komponen elektronika daya pada permukaan papan sirkuit yang dialiri dengan tegangan tinggi.



Gbr 2. Model Benda Uji. Peluahan Sebagian Akrilik a.) tampak samping, b.) tampak atas.

Sensor peluahan sebagian yang digunakan adalah jenis sensor elektrik yaitu *detecting impedance* yang berupa rangkaian RC yang berfungsi untuk mengkonversi arus menjadi tegangan yang akan diamati melalui osiloskop atau *spectrum analyzer* untuk menampilkan nilai tegangan dari sinyal peluahan sebagian yang terjadi. Dari pembacaan perubahan tegangan pada osiloskop inilah dilakukan analisa dari peluahan sebagian yang terjadi serta sifat dari peluahan sebagian tersebut.

### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data hasil pengukuran *background noise* dan besar *PDIV* dari peluahan sebagian yang terjadi pada objek uji. Dari hasil penelitian ini kemudian dijadikan dasar pengambilan analisa dan kesimpulan dari sifat dan jenis peluahan sebagian yang terjadi.

#### A. Pengukuran Background Noise

Pengukuran *background noise* dimaksudkan untuk mengetahui besaran *noise* yang secara alami muncul pada sistem yang diamati. Terdapat dua jenis besaran *background noise* yang diukur, yakni *background noise OFF* yang merupakan besaran *noise* yang muncul ketika sistem belum dialiri listrik dan *background noise ON* yang merupakan besaran *noise* yang muncul ketika sistem telah dialiri listrik. Hasil pengukuran *background noise OFF* mendapatkan nilai besaran *noise* yang sebesar 29,6 mV dan hasil pengukuran *background noise ON* mendapatkan nilai besaran *noise* yang sebesar 32 mV. Hasil lebih jelasnya bisa diamati pada Tabel 1.

Tbl 1. Hasil pengukuran *background noise* on dan *background noise* off.

	Vpp BGN OFF	Vpp BGN ON
RC	29,6 mV	32,0 mV

Dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa saat dihidupkan, *noise* yang terjadi menjadi semakin besar karena adanya peralatan yang dinyalakan yang mengandung *noise* seperti trafo dan peralatan lain yang terhubung secara langsung ke rangkaian pengujian karena sensor yang digunakan adalah sensor elektrik. Hasil pengukuran ini juga menjadi batas untuk menentukan sinyal peluahan sebagian yang terekam oleh osiloskop harus memiliki besar gelombang yang lebih dari besaran gelombang *noise*.

### B. Pengukuran dan Pengamatan PDIV

*PDIV* atau *partial discharge inception voltage* merupakan tegangan dimana peluahan sebagian mulai terjadi pada objek uji. Kemunculan peluahan sebagian merupakan kejadian yang stokastik yang disebabkan oleh sifat stokastik dari ketersediaan elektron bebas. Maka dari itu kemunculan dari sinyal awal peluahan sebagian merupakan kunci untuk melihat jenis dari peluahan sebagian tersebut. Gelombang peluahan sebagian ada yang muncul saat positif dan ada yang muncul saat negatif. Dua jenis *PDIV* ini bisa terjadi secara bersamaan pada tegangan yang sama atau bisa terjadi pada tegangan yang berbeda tergantung dari gradien titik jenuh medan listrik pada daerah tersebut.

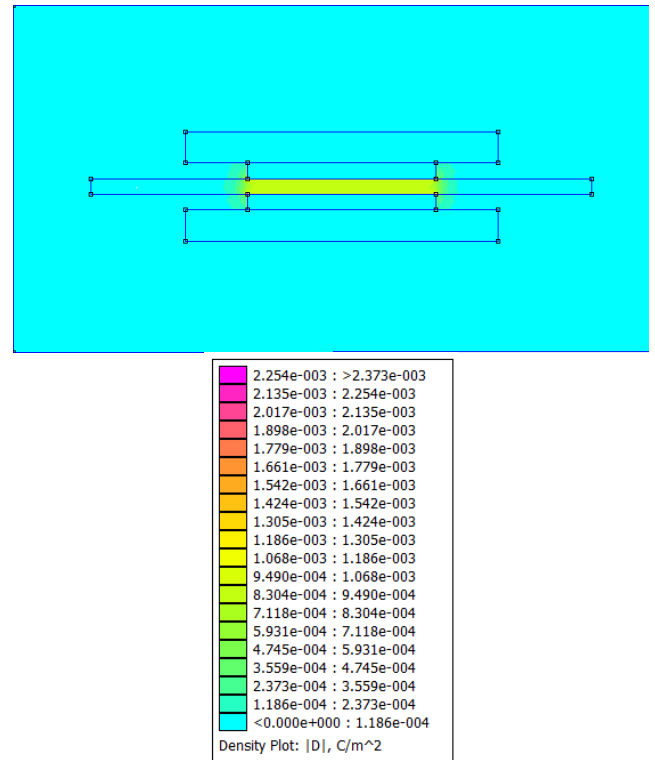
Dari hasil pengujian *PDIV* terhadap objek uji menghasilkan nilai *PDIV* positif dan negatif yang terjadi pada tegangan yang sama yaitu pada tegangan sumber sebesar 4,16 kV yang menandakan medan listrik yang terbentuk pada objek uji bersifat homogen. Nilai tegangan *PDIV* pada objek uji menandakan peluahan sebagian terjadi pada udara di sekitar konduktor bukan pada isolator akrilik yang digunakan, karena nilai *PDIV* yang terjadi mendekati nilai tegangan tembus isolator udara. Beberapa nilai tegangan tembus dari beberapa isolator sebagai perbandingan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tbl 2. Nilai Kemampuan Dielektrik Beberapa Bahan Isolator.

Bahan	Kemampuan dielektrik (kV/mm)
Udara	3
Minyak mineral	10-15
Mika	118
Akrilik	18,9-21,7

Hasil simulasi medan listrik yang terjadi pada objek uji dipaksakan dengan menggunakan program simulasi metode femm menunjukkan hasil yang sesuai dimana terdapat kejenuhan medan listrik yang terjadi di sekitar ujung elektroda yang dialiri tegangan listrik dan pada elektroda yang terhubung ke ground seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Ini membuktikan bahwa peluahan sebagian yang terjadi merupakan peluahan permukaan yang terjadi pada daerah *triple junction* antara isolasi udara, isolasi padat dan konduktor yang diwakili elektroda. Peluahan permukaan yang terjadi masih pada tahap permulaan karena percobaan

yang dilakukan hanya meliputi pengukuran *PDIV* dari peluahan sebagian yang terjadi.



Gbr 3. Hasil Simulasi Medan Listrik pada Objek Uji dengan Tegangan PDIV.

### V. KESIMPULAN

Nilai *PDIV* yang terjadi menunjukkan bahwa peluahan sebagian yang terjadi pada objek uji merupakan peluahan permukaan karena terjadi pada rentang tegangan tembus udara bukan pada rentang tegangan tembus akrilik. Pernyataan tersebut diperkuat dengan hasil simulasi medan listrik dari objek uji yang mengalami titik jenuh medan listrik pada ujung elektroda ke arah isolasi udara. Sifat dari peluahan permukaan yang mengalami pertumbuhan yang lebih lambat dari peluahan sebagian jenis lainnya bisa menjadikan peluahan permukaan sebagai deteksi dini dari timbulnya kerusakan pada isolator padat yang digunakan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada Bapak Umar Khayam yang telah membimbing dan mengarahkan dalam pelaksanaan penelitian, juga kepada Laboratorium Tegangan Tinggi Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung yang telah memfasilitasi pelaksanaan percobaan, serta pihak Universitas Siliwangi sebagai institusi penulis yang telah memberikan motivasi dalam melaksanakan penelitian ini.

### REFERENSI

- [1] R. Nurdiansyah and U. Khayam, "Surface Discharge Characteristics on the Mica Surface Around the Edge of Plane-Plane Electrodes," 2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and

- Informatics Seminar (EECCIS), Batu, East Java, Indonesia, 2018, pp. 73-78, doi: 10.1109/EECCIS.2018.8692966.
- [2] Yuanlin Luo, Zhaohui Li and Hong Wang, "A Review of Online Partial Discharge Measurement of Large Generators," *Energies* 2017, 10, 1694.
- [3] Modul Praktikum Tegangan Tinggi ITB.
- [4] Suwarno. 2014. *Diagnosis of High Voltage Equipments*. Bandung : Penerbit ITB.
- [5] L. Bertling, R. Eriksson, R. N. Allan, Lars-Åke Gustafsson, Mats Åhlén, "Survey of Causes of Failures Based on Statistics and Practice for Improvements of Preventive Maintenance Plans," 14th PSCC session 13, Sevilla, 24-28 June 2002.
- [6] F. Pratomosiwi, N. Pattanadech, B. Wieser, G. Pukel, M. Stössl, M. Muhr, "Study of Electrode for Measuring Dielectric Properties of Oil Immersed Material," accepted for ICHVE 2012.
- [7] Karimipoor, N & Asgari Moghadam, S & Varjani, A & Mohamadian, Mahdi "A new pulsed power supply configuration for electromagnetic forming application," 276-281. 10.1109/PEDSTC.2017.7910337.
- [8] IEC 60270, "High voltage test technique – Partial discharge measurements," 2000.

#### BIOGRAFI PENULIS



**Rian Nurdiansyah**, merupakan salah seorang Dosen Teknik Elektro Universitas Siliwangi. Lahir di Ciamis 20 September 1988, kemudian sekolah di Universitas Siliwangi pada tahun 2007 dan melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Bandung pada tahun 2017. Konsentrasi penelitian dalam bidang tegangan tinggi dan sistem tenaga. Hingga kini masih aktif sebagai pengajar dan peneliti di Universitas Siliwangi.