

## Perbandingan Sensor TEV Dan Detektor RC Untuk Pengukuran Partial Discharge Pada Peralatan Tegangan Tinggi

Dedi Tri Laksono<sup>1</sup>, Deni Tri Laksono<sup>2</sup>, Monika Faswia Fahmi<sup>3</sup>, Ummul Khair<sup>4</sup>, Umar Khayam<sup>5</sup>

<sup>1,4</sup> Politeknik Negeri Padang

<sup>2,3</sup> Universitas Trunojoyo Madura

<sup>5</sup> Institut Teknologi Bandung

Jalan Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Padang, Sumatera Barat

Korespondensi penulis: [deditrilaksono@pnp.ac.id](mailto:deditrilaksono@pnp.ac.id)

### Abstract:

*Electrical equipment often faces various issues, with insulation problems being a major cause of failure. This article investigates the comparative effectiveness of two Partial Discharge (PD) detection methods: using Transient Earth Voltage (TEV) sensors and Resistor-Capacitor (RC) detectors. The study was conducted on a metal box with a voltage level of 6 kV. Data collected included Background Noise (BGN) and Partial Discharge Inception Voltage (PDIV), processed using Microsoft Excel and OriginPro 9. Results indicate a correlation between higher BGN values on TEV sensors and earlier PDIV occurrence on those sensors. Background noise significantly impacts the PDIV threshold, influencing sensitivity and insulation risk potential. While PDIV provides a threshold guideline, correlation with BGN helps illustrate the background conditions' influence on PD measurement outcomes. The study offers insights into the importance of considering noise in PD measurements and formulates recommendations for practitioners to choose appropriate detection methods based on specific environmental conditions and electrical equipment.*

**Keywords:** Partial discharge, TEV sensor, RC Detector

### Abstrak:

Peralatan listrik tegangan tinggi sering menghadapi berbagai masalah, terkait isolasi yang menjadi penyebab utama kegagalan. Penelitian ini menginvestigasi perbandingan efektivitas dua metode deteksi Discharge Sebagian (Partial Discharge, PD), yaitu menggunakan sensor Transient Earth Voltage (TEV) dan detektor RC (Resistor-Capacitor). Penelitian ini dilakukan pada kotak logam dengan level tegangan 6 kV. Data yang dikumpulkan mencakup Background Noise (BGN) dan Partial Discharge Inception Voltage (PDIV), diolah menggunakan Microsoft Excel dan OriginPro 9. Hasil menunjukkan korelasi antara nilai BGN yang lebih tinggi pada sensor TEV dan kemunculan PDIV lebih awal pada sensor tersebut. Kebisingan latar belakang memiliki dampak signifikan terhadap ambang batas PDIV, memengaruhi sensitivitas dan potensi risiko isolasi. Meskipun PDIV memberikan panduan ambang batas, korelasi dengan BGN membantu menggambarkan pengaruh kondisi latar belakang pada hasil pengukuran PD. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya mempertimbangkan kebisingan dalam pengukuran PD dan merumuskan rekomendasi bagi praktisi dalam memilih metode deteksi yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan peralatan listrik tertentu.

**Kata kunci:** Peluahan sebagian, Sensor TEV, RC detektor.

## LATAR BELAKANG

Alat – alat listrik memiliki berbagai masalah yang bervariasi. Mulai dari kesalahan dalam pengaturan, masalah isolasi, hingga ketidakcocokan dengan level tegangan atau daya yang digunakan. Kendala – kendala ini terutama dapat muncul pada alat – alat yang sudah dalam keadaan aus. Namun yang menarik, dari berbagai kegagalan atau kerusakan pada alat – alat listrik, sebanyak 80% disebabkan oleh permasalahan isolasi. Hal ini mengacu pada kemungkinan terjadinya Discharge Sebagian pada isolasi yang pada akhirnya dapat menyebabkan tembusan (breakdown) pada isolasi tersebut. Isu – Isu yang telah disebutkan ini

---

Received Januari 30, 2023; Revised Februari 23, 2023; Accepted Maret 30, 2023

\* Dedi Tri Laksono, [deditrilaksono@pnp.ac.id](mailto:deditrilaksono@pnp.ac.id)

memiliki potensi untuk mengurangi kinerja yang dapat diandalkan dari alat maupun sistem kelistrikan secara keseluruhan (Han et al. 2012).

Discharge sebagian menghasilkan berbagai bentuk energi seperti listrik, gelombang elektromagnetik, suara, cahaya, dan panas. Pengukuran terhadap Discharge Sebagian dapat dilakukan dengan cara mendeteksi dan mengukur tingkat energi yang dihasilkan oleh fenomena tersebut. Keberadaan Discharge Sebagian menjadi tanda adanya kerusakan pada lapisan isolasi (Xue et al. 2012).

Metode pengukuran PD pada peralatan listrik yang saat ini diperlukan adalah melalui pengukuran daring. Proses pengukuran PD dilakukan tanpa perlu memutus pasokan listrik ke peralatan. Tujuannya adalah untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik saat proses pengukuran PD dilakukan (Laksono, Laksono, and Khayam 2020). Salah satu jenis sensor yang cocok digunakan dalam kondisi daring adalah sensor Transient Earth Voltage (TEV). Sensor TEV berfungsi untuk mendeteksi energi yang dihasilkan oleh terjadinya PD, yaitu tegangan transient yang terhubung dengan tanah (Laksono and Khayam 2017).

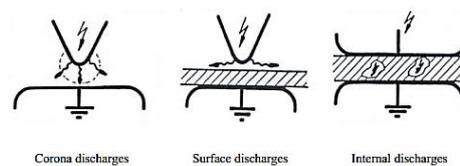
Sebagai perbandingan, penerapan sensor Transient Earth Voltage (TEV), deteksi Partial Discharge (PD) pada peralatan listrik juga menggunakan detektor RC (Resistor-Capacitor). Detektor RC berperan dalam mengukur dan memantau energi PD dengan metode yang berbeda. Detektor RC memiliki kemampuan untuk mendeteksi fenomena PD melalui pengukuran perubahan pada elemen resistor dan kapasitor dalam rangkaian deteksi. Melalui penerapan prinsip dasar rangkaian RC, detektor ini mampu memberikan informasi yang berharga mengenai kondisi isolasi peralatan listrik dengan efisiensi dan ketepatan yang tinggi (Tri Laksono, Tri Laksono, and Khayam n.d.).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan efektivitas dan kehandalan dua metode deteksi Partial Discharge (PD), yaitu menggunakan sensor Transient Earth Voltage (TEV) dan detektor RC (Resistor-Capacitor). Dengan melakukan perbandingan antara kedua metode ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kelemahan masing-masing pendekatan dalam mendeteksi energi PD pada peralatan listrik. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sensitivitas, akurasi, dan kemampuan deteksi pada berbagai frekuensi PD yang berbeda. Dengan memahami perbedaan kinerja antara sensor TEV dan detektor RC, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang pemilihan metode deteksi yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan dan karakteristik peralatan listrik tertentu. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan panduan praktis bagi para profesional dan insinyur dalam mengoptimalkan penggunaan deteksi PD untuk meningkatkan keandalan dan kinerja sistem kelistrikan.

## KAJIAN TEORITIS

Partial Discharge (PD) merupakan peristiwa pelepasan listrik yang terjadi secara terlokalisasi. PD ini menghubungkan sebagian dari isolasi antara konduktor, namun tidak sepenuhnya, dengan kemungkinan terjadinya PD pada permukaan atau di dalam konduktor itu sendiri (Laksono et al. 2021). Jika PD terus berlanjut, isolasi akan mengalami kerusakan secara bertahap, mengakibatkan penurunan daya tahan dielektrik isolasi tersebut. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan isolasi atau bahkan tembusan (breakdown) isolasi (Laksono Deni Tri, Laksono Dedi Tri, and Ulum Miftachul 2021).

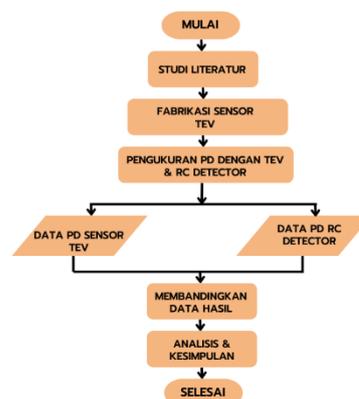
Beberapa sumber PD meliputi corona discharge yang terjadi pada media gas di sekitar konduktor, surface discharge pada permukaan konduktor berbatasan dengan material dielektrik atau partikel pengotor, dan internal discharge terbentuk oleh void/rongga di dalam dielektrik (Laksono et al. 2023). Corona discharge adalah peluahan berkelanjutan di sekitar elektroda pada radius kelengkungan kecil atau tonjolan di antara logam dan udara atau gas. Surface discharge terjadi pada permukaan konduktor dengan pembentukan streamer saat tegangan meningkat. Internal discharge terjadi akibat void/rongga dalam dielektrik, di mana medan listrik intensif dapat memicu PD jika kekuatan isolasi gas dalam rongga terlampaui. Dalam konteks tesis ini, sumber PD yang digunakan adalah corona discharge (Dedi Tri Laksono 2018).



Gambar 1. Tipe – tipe *partial discharges* (Sania 2015)

## METODE PENELITIAN

Berikut ini detail mengenai langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini

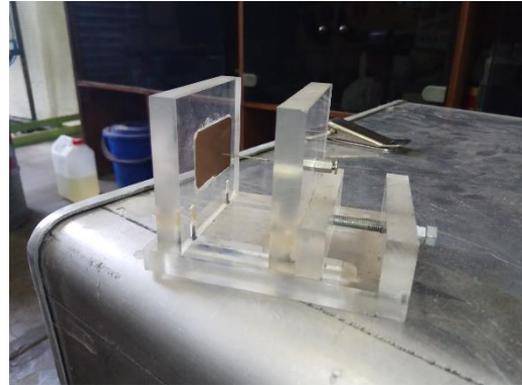


Gambar 2. Alur metodologi penelitian

Penelitian ini menggunakan dua objek pengukuran yaitu sistem elektroda pelat-jarum dan kotak logam. Sistem elektroda pelat-jarum digunakan sebagai sumber PD yang akan dideteksi, sedangkan kotak logam sebagai pemodelan peralatan tegangan tinggi yang terselubung logam.



**Gambar 3. Kotak logam tegangan tinggi**



**Gambar 4. Elektroda jarum plat**

Sensor TEV (*Transient Earth Voltage*) digunakan sebagai pendeteksi sinyal PD pada suatu peralatan tegangan tinggi tanpa mematikan sistem listriknya (*on-line*) (Prasetya 2016). Sensor TEV yang digunakan adalah TEV *handmade* 4x4 cm seperti pada Gambar .

RC detector adalah rangkaian *coupling device* yang berkonfigurasi rangkaian R dan C. Rangkaian pendeteksi ini akan bekerja pada frekuensi tinggi.



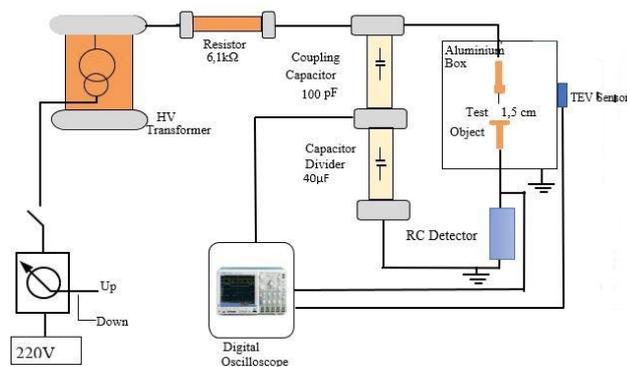
**Gambar 5. Komponen Sensor TEV**



**Gambar 6. Sensor TEV Handmade**



**Gambar 7. RC Detektor**



**Gambar 8. Rangkaian Percobaan (Dedi Tri Laksono 2018)**

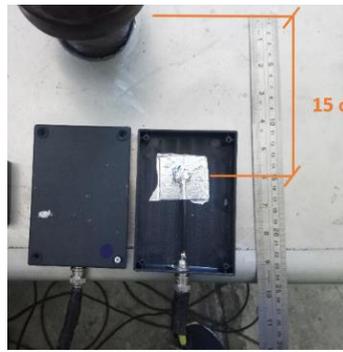
Fokus dari penelitian ini adalah untuk membandingkan deteksi PD antara Sensor TEV dengan RC detector. Sensor TEV ditempatkan di luar kotak logam, menempel dinding kotak logam dengan penempatan sensor berjarak 15 cm dari *bushing*. Pengukuran PD dilakukan pada level tegangan yaitu 6 kV. Data PD yang didapat adalah data BGN dan PDIV, yang berformat .CSV. Kemudian data tersebut diolah menggunakan *software Microsoft Excel* dan diplot dengan *software OriginPro 9* untuk mendapatkan data gambar yang sesuai.

Langkah pertama adalah mengumpulkan data latar belakang kebisingan (Background Noise / BGN) dari setiap sensor. Selanjutnya, data yang kedua dikumpulkan berupa bentuk gelombang PD (Positive Discharge) baik yang bersifat negatif maupun positif. Pengambilan data ini dilakukan pada tegangan 6kV, dengan setiap data yang diambil mencakup 100 siklus gelombang. Data hasil bentuk gelombang ini kemudian diolah dengan cara menghitung rata – rata dari semua siklus yang tercatat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Partial Discharge

Pengukuran PD pada kotak logam menggunakan sensor TEV dilakukan dengan jarak 15 cm dari titik tengah *bushing* menuju dinding kotak logam. Jarak ini dihitung dari pusat *bushing* ke arah menjauh dari dinding kotak logam. *Bushing* dipilih sebagai titik referensi karena memiliki celah terbesar di kotak logam tersebut. Pada awalnya, sensor dilengkapi dengan magnet di setiap sudutnya, berfungsi untuk menempelkan sensor pada objek uji. Namun, karena kotak logam terbuat dari aluminium, magnet tidak dapat melekat pada dinding kotak logam. Sebagai alternatif, digunakan perekat isolator seperti yang ditunjukkan dalam Gambar9.



Gambar 9. Penempatan sensor TEV pada kotak logam

### 1. Background Noise (BGN)

Pengambilan data BGN dilakukan saat tegangan diaktifkan (ON). Dalam eksperimen ini, nilai BGN ON seharusnya menunjukkan nilai 0 kV, namun hasil yang diperoleh adalah sebesar 1,2 kV. Penyebabnya adalah karena regulator tegangan tidak mampu mengatur nilai tegangan menjadi tepat 0 kV. Detail hasil pengukuran BGN ON untuk setiap sensor TEV dan detektor RC dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tampilan BGN ON pengukuran PD pada kotak logam

Sensor	BGN
Sensor TEV	
RC Detector	

Berdasarkan tabel 1, didapatkan hasil sebagai berikut ini.

Tabel 2. Nilai maksimum dan minimum BGN ON pengukuran PD sensor berjarak 15 cm dari bushing

Sensor	Magnitude BGN (mV)	
	BGN +	BGN -
Sensor TEV	15.36	-12.32
RC detector	8.8	-7.52

## 2. Partial Discharge Inception Voltage (PDIV)

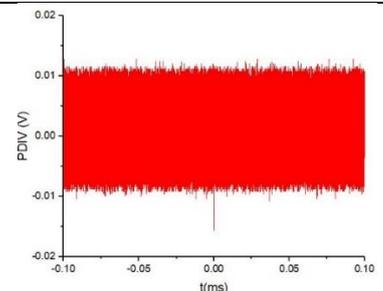
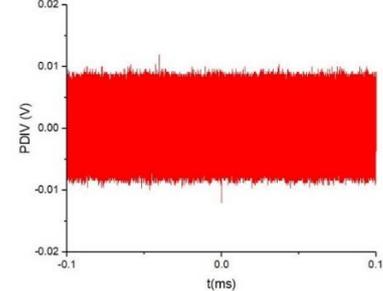
PDIV (Partial Discharge Inception Voltage) adalah nilai tegangan pada saat terjadi kemunculan PD secara berulang pada pengamatan pertama ketika nilai tegangan uji yang diterapkan pada objek uji dinaikkan secara bertahap dari nilai terendah (Illias 2011). PDIV yang bersifat negatif terjadi pada siklus negatif, sementara PDIV yang bersifat positif terjadi pada siklus positif. Nilai dari PDIV digunakan sebagai batas bawah acuan nilai tegangan sumber yang diperlukan untuk memicu PD (Dede 2017).

Hasil pengamatan pada pengukuran PDIV menunjukkan bahwa PDIV pertama kali muncul pada sensor TEV ketika tegangan mencapai 4,24 kV. Berikut ini adalah Tabel 3 yang memuat data pengukuran PDIV pada jarak 15 cm dari bushing.

**Tabel 3. PDIV pada tiap sensor pada jarak 15 cm dari bushing**

Sensor	PDIV (kV)
Sensor TEV	4,24
RC detector	4,42

**Tabel 4. Pengukuran PDIV dengan sensor pada jarak 15 cm**

Sensor	BGN
TEV handmade 4x4 cm	
RC detector	

Manitude dari tiap sensor di atas diringkas pada tabel berikut ini.

**Tabel 5. Magnitude sinyal PDIV pada sensor jarak 15 cm**

Sensor	V <sub>pp</sub> (mV)
Sensor TEV	26,40
RC detector	22,08

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa TEV yang terukur BGN dengan nilai tertinggi, didapati nilai PDIV yang juga tertinggi.

## **Analisa Pembahasan**

Dari data yang diberikan, dapat dilakukan analisis perbandingan antara pengukuran Partial Discharge (PD) menggunakan Background Noise (BGN) dan Partial Discharge Inception Voltage (PDIV) sebagai berikut:

### **1. Background Noise (BGN)**

Pengukuran BGN memberikan informasi tentang tingkat kebisingan latar belakang dalam sistem. Dalam konteks pengukuran ini, BGN seharusnya mendekati nilai nol kV saat tegangan diaktifkan. Namun, hasil yang diperoleh adalah 1,2 kV. Ini mengindikasikan bahwa ada gangguan atau faktor lain yang memengaruhi tegangan yang diukur. Meskipun begitu, BGN bisa memberikan gambaran tingkat kebisingan latar belakang yang mungkin mempengaruhi pengukuran PD.

### **2. Partial Discharge Inception Voltage (PDIV)**

Pengukuran PDIV memberikan nilai ambang batas di mana PD pertama kali terjadi secara berulang ketika tegangan ditingkatkan secara bertahap. Dalam data ini, PDIV terjadi pertama kali pada sensor TEV pada 4,24 kV. Ini adalah tegangan di mana mulai munculnya PD.

### **3. Korelasi antara BGN dan PDIV**

Ada korelasi yang jelas antara nilai BGN dan kemunculan PD pertama kali (PDIV). Dalam konteks ini, data menunjukkan bahwa nilai BGN yang lebih tinggi pada sensor TEV berhubungan dengan kemunculan PDIV pertama kali pada sensor TEV. Ini menunjukkan bahwa tingkat kebisingan latar belakang yang lebih tinggi pada sensor TEV mungkin mempengaruhi ambang batas di mana PD pertama kali terjadi pada sensor tersebut.

Korelasi ini dapat diartikan bahwa kondisi kebisingan latar belakang yang lebih tinggi pada sensor TEV dapat mengarah pada sensitivitas yang lebih besar terhadap PD dan memicu kemunculan PDIV lebih awal. Hal ini penting untuk diperhatikan dalam interpretasi data, karena tingkat kebisingan latar belakang dapat memengaruhi ambang batas PDIV dan potensi risiko kegagalan isolasi.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan deteksi Partial Discharge (PD) antara dua jenis sensor, yaitu Sensor TEV dan RC detector, pada kotak logam. Sensor TEV ditempatkan di luar kotak logam dengan jarak 15 cm dari bushing. Pengukuran PD dilakukan pada level tegangan 6 kV. Data yang diperoleh meliputi Background Noise (BGN) dan Partial Discharge Inception Voltage (PDIV), yang diolah menggunakan Microsoft Excel dan diplot dengan OriginPro 9.

Korelasi antara nilai BGN yang lebih tinggi pada sensor TEV dan kemunculan PDIV pertama kali pada sensor TEV mengindikasikan bahwa tingkat kebisingan latar belakang yang lebih tinggi pada sensor TEV mempengaruhi ambang batas di mana PD pertama kali terjadi. Oleh karena itu, perhatian khusus terhadap pengaruh kebisingan dalam pengukuran PD sangat penting, karena kebisingan dapat memengaruhi sensitivitas dan potensi risiko kegagalan isolasi. Meskipun PDIV memberikan indikasi ambang batas PD, korelasi dengan BGN membantu dalam memahami pengaruh kondisi latar belakang pada hasil pengukuran PD.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada Dr. Umar Khayam, S.T., M.T., IPM, atas bimbingan berharga selama penelitian ini di Institut Teknologi Bandung (ITB). Dukungan dana dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) telah memungkinkan peneliti untuk menjalankan penelitian ini dan mengembangkan pemahaman di lingkungan akademik ITB. Serta, penghargaan setinggi-tingginya kepada rekan – rekan peneliti di ITB yang telah memberikan kolaborasi dan dukungan penting dalam berbagai tahap penelitian ini.

### **DAFTAR REFERENSI**

- Dede. 2017. “Perancangan Dan Pembuatan Pendeteksi Partial Discharge Menggunakan Rangkaian Pi-Attenuator Dan Penguat Ultrawide Band.” Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Dedi Tri Laksono. 2018. “Perancangan Sensor Transient Earth Voltage Untuk Pengukuran Partial Discharge.” Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Han, Tao, Boxue Du, Yu Gao, and Yansong Xia. 2012. “Partial Discharge Pattern Recognition Based on Transient Earth Voltage for 10 KV Switchgear in Smart Grid.” Pp. 1–4 in IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies.
- Illias, Hazlee Azil. 2011. Measurement and Simulation of Partial Discharges within a Spherical Cavity in a Solid Dielectric Material.
- Laksono, Dedi Tri, and Umar Khayam. 2017. “Effect of the Presence of Metal Box on Partial Discharge Waveform and Pattern Detected by High Frequency Current Transformer.” Pp. 331–34 in 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS).
- Laksono, Dedi Tri, Deni Tri Laksono, Monika Faswia Fahmi, and Umar Khayam. 2023. “Partial Discharge Measurement Using Transient Earth Voltage Sensors with Different Dimensions in Metal Shrouded Equipment.” IJSEIT (International Journal of Science, Engineering, and Information Technology ) 7(2):406–11.
- Laksono, Dedi Tri, Deni Tri Laksono, and Umar Khayam. 2020. “Comparative Measurement of Partial Discharge Using Spiral Antenna with RC Detector on High Voltage Equipment.” Journal of Physics: Conference Series 1569(3):32089. doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032089.

- Laksono Deni Tri, Laksono Dedi Tri, and Ulum Miftachul. 2021. "Spiral Antenna Design and Analysis As a Tool to Measure Partial Discharge in High Voltage Equipment." E3S Web Conf. 328:2006. doi: 10.1051/e3sconf/202132802006.
- Laksono, Deni Tri, Dedi Tri Laksono, Miftachul Ulum, and Ika Oktavia Suzanti. 2021. "10 Segment Spiral Antenna to Measure Partial Discharge on High Voltage Equipment." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1125(1):12071. doi: 10.1088/1757-899X/1125/1/012071.
- Prasetya, H. 2016. "Study of Partial Discharge Measurement by Using Transient Earth Voltage Sensor." Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Sania. 2015. "Perancangan, Pembuatan, Dan Pengetesan Rangkaian Pendeteksi Dan Pengukuran Partial Discharge Pada Frekuensi Ultrawide Band." Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Tri Laksono, Deni, Dedi Tri Laksono, and Umar Khayam. n.d. COMPARISON OF TWO DIFFERENT DESIGNS OF PLANAR SPIRAL ANTENNA TO DETECT THE PARTIAL DISCHARGE CHARACTERISTICS IN METALLIC ENCLOSED HIGH VOLTAGE EQUIPMENT.
- Xue, Cheng, Boxue Du, Tao Han, and B. X. Yang. 2012. Comprehensive Detection and Analysis of Partial Discharge in Switchgear.