

A REVIEW OF ANTENNA DESIGN OPTIMIZATION FOR PARTIAL DISCHARGE DETECTION IN HIGH VOLTAGE EQUIPMENT

TINJAUAN OPTIMASI DESAIN ANTENA UNTUK DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA PERALATAN TEGANGAN TINGGI

Mukhtar Hadi^{1*}, Muhammad Kodrat², Siska Atmawan Oktavia³

¹Program Studi Teknik Sistem Energi, Fakultas Rekayasa Sistem, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

Email : mukhtar.hadi@uts.ac.id

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia

Email : kodratmhd@gmail.com

³Program Studi Informatika, Fakultas Rekayasa Sistem, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

Email : siska.atmawan.oktavia@uts.ac.id

Received: November 03, 2025 Revised: November 11, 2025 Published: November 12, 2025

DOI: <https://doi.org/10.24912/tesla.v27i2.35727>

Abstract

Partial discharge (PD) is a critical indicator of insulation degradation in high-voltage equipment such as power cables, transformers, and joints. Undetected PD activity can accelerate insulation failure and cause system breakdowns. Among various detection approaches, antenna-based electromagnetic sensing offers significant advantages due to its non-intrusive nature and ability to detect radiated PD signals remotely. This paper presents a comprehensive review of antenna designs developed for PD detection between 2013 and 2023. A total of 67 antenna models from 22 researchers were analyzed, encompassing 182 simulation and measurement data points that include return loss (RL), voltage standing wave ratio (VSWR), and bandwidth (BW). The findings reveal that Bowtie and Microstrip antennas dominate PD detection research due to their wide bandwidth and compact form. Performance trends indicate significant improvement, with RL values reaching -30 dB, VSWR decreasing to below 1.3, and bandwidth exceeding 3 GHz. The study identifies four major innovation phases, transitioning from basic geometry optimization to multi-layer and hybrid adaptive designs. Recommendations for future research include hybrid bowtie–Microstrip configurations, the use of flexible or low-loss substrates, and integration with intelligent signal processing and machine learning systems. These advancements are expected to support the development of next-generation smart PD detection systems with high sensitivity and efficiency.

Keywords: Partial discharge; Antenna; Design optimization; Bowtie; Microstrip.

Abstrak

Partial discharge (PD) merupakan indikator utama degradasi isolasi pada peralatan tegangan tinggi seperti kabel daya, transformator, dan sambungan (joint). Aktivitas PD yang tidak terdeteksi dapat mempercepat kerusakan isolasi dan menyebabkan gangguan sistem. Di antara berbagai metode deteksi, pendekatan berbasis antena memiliki keunggulan karena bersifat non-intrusif dan mampu mendeteksi sinyal elektromagnetik PD dari jarak jauh. Artikel ini menyajikan kajian komprehensif terhadap desain antena untuk deteksi PD selama periode 2013–2023. Sebanyak 67 model antena dari 22 peneliti dianalisis, meliputi 182 data hasil simulasi dan pengukuran dengan parameter *return loss* (RL), *voltage standing wave ratio* (VSWR), dan *bandwidth* (BW). Hasil menunjukkan bahwa antena *Bowtie* dan *Microstrip* mendominasi karena memiliki lebar pita yang luas dan bentuk yang kompak. Tren performa memperlihatkan peningkatan signifikan, dengan nilai RL mencapai -30 dB, VSWR menurun hingga $<1,3$, dan *bandwidth* melebihi 3 GHz. Kajian ini mengidentifikasi empat fase inovasi utama, dari optimasi bentuk dasar hingga desain *multi-layer* dan hibrid adaptif. Rekomendasi pengembangan ke depan meliputi desain hibrid *Bowtie–Microstrip*, penggunaan substrat fleksibel atau *low-loss* rendah, serta integrasi dengan sistem pemrosesan sinyal dan *machine learning*. Inovasi ini diharapkan mendukung pengembangan sistem deteksi PD cerdas generasi berikutnya yang lebih sensitif dan efisien.

Kata Kunci: Partial discharge; Antena; Optimasi desain; Bowtie; Microstrip.

PENDAHULUAN

Fenomena *partial discharge* (PD) merupakan salah satu indikator utama terjadinya degradasi sistem isolasi pada peralatan tegangan tinggi seperti transformator, *Gas Insulated Switchgear* (GIS), dan peralatan sambungan (*cable joint*) [1], [2], [3]. Aktivitas PD yang tidak terdeteksi dapat mempercepat kerusakan isolasi dan berujung pada kegagalan sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap sinyal PD menjadi langkah penting dalam program *condition monitoring* dan *predictive maintenance* pada sistem tenaga Listrik [4], [5]

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendeteksi sinyal PD, baik secara langsung (*conventional electrical detection*) maupun tidak langsung, seperti metode akustik dan elektromagnetik [3], [5]. Di antara pendekatan tersebut, metode berbasis antena memiliki sejumlah keunggulan karena mampu mendeteksi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh aktivitas PD tanpa kontak langsung dengan sumber tegangan tinggi, bersifat non-intrusif, dan dapat diterapkan dalam sistem pemantauan jarak jauh (*remote sensing*) [4], [6].

Antena yang digunakan sebagai sensor PD umumnya dirancang untuk bekerja pada frekuensi menengah hingga tinggi (300 MHz–3 GHz), dengan karakteristik utama berupa *wide bandwidth*, *low return loss*, dan *high sensitivity* [5], [7]. Sejumlah penelitian telah melaporkan berbagai konfigurasi antena, seperti *Bowtie*, *Dipole*, *Monopole*, *Patch Microstrip*, *Log-periodic*, dan *Vivaldi*, yang masing-masing memiliki keunggulan dan keterbatasan dalam hal sensitivitas, arah radiasi, serta kemudahan fabrikasi [7], [8].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar masih bersifat parsial dan berfokus pada satu jenis antena atau kondisi pengujian tertentu. Belum terdapat kajian komprehensif yang mengompilasi seluruh model antena yang pernah dikembangkan untuk mendeteksi PD, lengkap dengan parameter hasil simulasi dan pengukuran yang meliputi *return loss* (RL), *voltage standing wave ratio* (VSWR), *bandwidth*, serta sensitivitas terhadap sinyal PD [7]. Padahal, pemetaan secara menyeluruh terhadap performa berbagai desain antena sangat penting untuk menentukan arah pengembangan desain sensor PD di masa mendatang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan komprehensif terhadap desain antena yang digunakan sebagai sensor deteksi PD selama periode 2013–2023. Data dikumpulkan dari 22 peneliti yang telah mengembangkan total 67 varian model antena, dengan 182 data pengukuran dan simulasi yang meliputi parameter performa utama. Kajian ini menyajikan analisis tren perkembangan desain antena dalam satu dekade terakhir, perbandingan performa antarjenis antena, serta rekomendasi arah penelitian lanjutan menuju desain antena PD yang lebih kompak, sensitif, dan memiliki *ultra-wideband response*.

Dengan demikian, hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi *state-of-the-art reference* dalam pengembangan antena untuk sistem deteksi PD, sekaligus memberikan kontribusi terhadap upaya peningkatan keandalan sistem isolasi tegangan tinggi melalui teknologi sensor elektromagnetik yang efisien dan adaptif.

METODELOGI PENELITIAN

Pendekatan dan Ruang Lingkup Kajian

Kajian ini dilakukan dengan pendekatan *systematic literature review* terhadap

TINJAUAN OPTIMASI DESAIN ANTENA UNTUK DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA PERALATAN TEGANGAN TINGGI

penelitian-penelitian yang berfokus pada desain antenna untuk deteksi partial discharge (PD) pada peralatan tegangan tinggi. Fokus utama ditujukan pada aspek geometri antenna, parameter performa, dan kecocokan untuk aplikasi deteksi PD.

Ruang lingkup penelitian mencakup publikasi yang diterbitkan dalam kurun waktu 2013–2023, meliputi artikel jurnal, prosiding konferensi, dan laporan penelitian dari berbagai lembaga akademik. Kriteria literatur yang diikutsertakan adalah:

1. Penelitian menampilkan data simulasi atau pengukuran antenna yang digunakan untuk mendeteksi sinyal PD.
2. Parameter performa yang disajikan mencakup setidaknya satu dari: *return loss (RL)*, *voltage standing wave ratio (VSWR)*, *bandwidth (BW)*, atau *sensitivity*.
3. Antena diuji atau disimulasikan pada rentang frekuensi antara 300 MHz hingga 3 GHz.
4. Penelitian menjelaskan geometri dan konfigurasi antenna secara jelas (misalnya *Bowtie*, *Microstrip*, *Dipole*, dsb).

Proses Pengumpulan dan Klasifikasi Data

Proses review dilakukan dalam beberapa tahap seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alur proses review antenna PD.

Sebagai hasil dari proses tersebut, berhasil dihimpun data dari 22 peneliti dengan total 67 varian model antenna dan 182 data hasil simulasi dan pengukuran, yang terbagi ke dalam 11 jenis antenna utama.

Klasifikasi Jenis Antena yang Digunakan untuk Deteksi PD

Tabel berikut menyajikan pengelompokan awal berdasarkan jenis antenna dan karakteristik umum yang digunakan dalam penelitian selama 2013–2023.

Tabel 1. Klasifikasi jenis antenna untuk deteksi partial discharge berdasarkan data literatur 2013–2023.

No	Jenis Antena	Jumlah Varian	Rentang Frekuensi	Kelebihan	Kekurangan
----	--------------	---------------	-------------------	-----------	------------

(GHz)					
1	<i>Bowtie</i>	28	0,2–1,8	<i>Bandwidth</i> lebar, sensitivitas tinggi terhadap sinyal PD, mudah dimodifikasi	Dimensi relatif besar, pola radiasi dapat terdistorsi
2	<i>Microstrip Patch</i>	10	0,4–3,4	Kompak, mudah fabrikasi, cocok untuk integrasi sensor	<i>Bandwidth</i> sempit, sensitif terhadap ketebalan substrat
3	<i>Dipole</i>	9	0,3–1,6	Sederhana, pola radiasi simetris, gain moderat	Sensitivitas rendah terhadap PD amplitudo kecil
4	<i>Log-Periodic</i>	4	0,1–2,5	<i>Ultra-wideband</i> , respons stabil di berbagai frekuensi	Struktur besar, fabrikasi kompleks
5	<i>Spiral</i>	3	0,13–0,19	<i>Circular polarization</i> , cocok untuk PD multi-arrah	Kompleks, butuh <i>matching network</i>
6	<i>Custom</i>	14	0,1–1,8	Fleksibel, optimasi dapat menyesuaikan kebutuhan PD sensor	Memerlukan tuning dan karakterisasi lanjut

Parameter Analisis

Untuk setiap model antenna, dilakukan kompilasi data performa yang meliputi:

- *Return Loss* (RL): merepresentasikan efisiensi pemantulan energi; semakin negatif, semakin baik.
- *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR): mengindikasikan kesesuaian impedansi antenna; idealnya ≤ 2 .
- *Bandwidth* (BW): rentang frekuensi kerja efektif antenna; semakin lebar semakin baik untuk PD detection.
- Sensitivitas terhadap sinyal PD: ditentukan dari kemampuan antenna mendeteksi pulsa elektromagnetik PD pada jarak tertentu.

Parameter-parameter tersebut digunakan untuk membandingkan kinerja berbagai jenis antenna serta mengidentifikasi tren peningkatan performa dari tahun ke tahun.

Validasi dan Analisis Data

Seluruh data hasil ekstraksi diperiksa ulang terhadap sumber aslinya untuk memastikan konsistensi satuan dan nilai.

Nilai-nilai parameter seperti *RL* dan *VSWR* diseragamkan ke dalam satuan standar (dB dan rasio), sedangkan *BW* diubah ke satuan MHz untuk memudahkan perbandingan. Analisis dilakukan secara deskriptif dan komparatif, dengan menyoroti:

- Tren peningkatan performa tiap jenis antenna dari tahun ke tahun.
- Hubungan antara geometri antenna dengan nilai *RL* dan *BW*.
- Evaluasi efisiensi antenna dalam mendeteksi sinyal PD.

HASIL DAN DISKUSI

Distribusi Penelitian Berdasarkan Tahun dan Jenis Antena

Kajian literatur terhadap 22 peneliti terdahulu berhasil mengidentifikasi 67 model antenna yang dikembangkan dalam periode 2013–2023. Secara umum, tren penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam jumlah varian dan kompleksitas desain antenna, sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap deteksi *partial discharge* (PD) berbasis gelombang elektromagnetik.

TINJAUAN OPTIMASI DESAIN ANTENA UNTUK DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA
PERALATAN TEGANGAN TINGGI

Pada periode awal (2013–2015), penelitian didominasi oleh pengembangan antenna *Bowtie* dan *Loop*, dengan karakteristik fokus pada modifikasi geometri dasar dan variasi sudut *flare angle* untuk memperoleh *return loss* di bawah -10 dB. Periode ini menandai fase eksploratif, di mana para peneliti mulai mengevaluasi pengaruh dimensi fisik terhadap kemampuan deteksi sinyal PD berfrekuensi tinggi.

Memasuki periode 2016–2018, jumlah varian antenna meningkat tajam, disertai munculnya jenis baru seperti *Log periodic*, *Spiral*, *Planar Goubau*, dan Kubus. Dominasi antenna *Bowtie* masih terlihat, namun inovasi beralih pada optimasi bentuk aperture dan penggunaan substrat berlapis untuk memperluas *bandwidth*. Pada fase ini, nilai *return loss* rata-rata meningkat hingga -20 dB dengan *VSWR* mendekati 1,5.

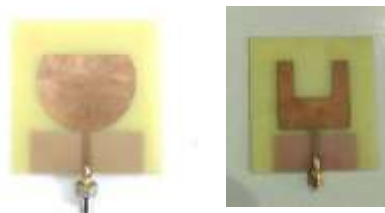


Gambar 2. Model Antena *Log periodic* [9], [10]



Gambar 3. Model Antena Kubus [11]

Periode 2019–2021 menjadi fase puncak inovasi, ditandai dengan berkembangnya antenna *Microstrip* dan *Bowtie* modifikasi ganda (*single/double layer*). Sebanyak lebih dari 25 model antenna dikembangkan, dengan hasil pengukuran menunjukkan peningkatan kinerja signifikan: *return loss* mencapai -26 dB dan *bandwidth* hingga 3 GHz. Penerapan antenna *Microstrip* berbentuk *circular* dan *rectangular* memperkuat tren miniaturisasi serta integrasi dengan sistem sensor PD portabel.



Gambar 4. Model Antena *Microstrip Circular* dan *Rectangular* [12], [13], [14]

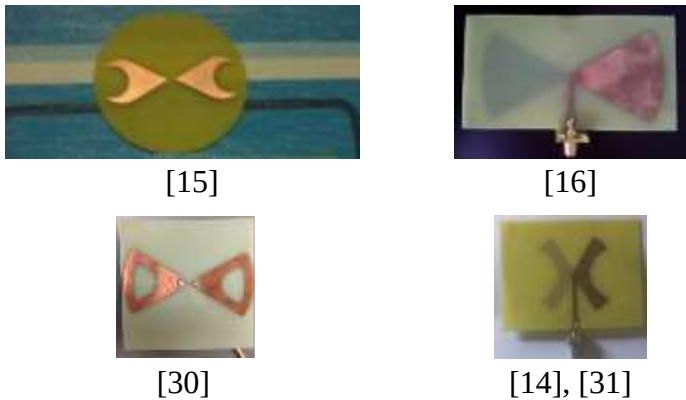
Pada periode terakhir, 2022–2023, penelitian lebih difokuskan pada penggabungan konsep desain seperti *Long Bowtie*, kombinasi *Bowtie-Microstrip*, serta *Tie square* antenna. Pendekatan ini menunjukkan upaya menuju antenna adaptif dengan respons frekuensi yang lebih lebar dan sensitivitas yang tinggi terhadap sinyal PD berenergi rendah. Distribusi keseluruhan jenis antenna dapat diringkas sebagai berikut:

Tabel 2. Distribusi Model Antena

Jenis Antena	Jumlah Model	Periode Dominan	Penelitian
<i>Bowtie</i>	28	2013–2023	[15], [16], [17]
<i>Dipole</i>	9	2015–2022	[17], [18], [19], [20]
<i>Microstrip</i>	10	2019–2022	[12], [13], [14], [21], [22], [23]

Log Periodic	4	2017–2018	[9], [10], [24], [25]
Loop	5	2014	[26][27]
Spiral	3	2018	[26]
Planar	2	2017	[28]
Kubus	3	2018	[11]
Hilbert	1	2018	[29]
Vivaldi	1	2017	[24]
Tie Square	1	2022	[20]
Total	67	2013–2023	—

Dari tabel di atas terlihat bahwa antenna *Bowtie* mendominasi pengembangan, dengan kontribusi 40% dari total model. Hal ini menunjukkan keunggulan struktur *Bowtie* dalam hal kesederhanaan geometri, lebar pita frekuensi, dan kemudahan fabrikasi.



Gambar 5. Beberapa hasil model Antena *Bowtie* sebagai sensor PD

Analisis Parameter Performa (*RL*, *VSWR*, dan *Bandwidth*)

Dari total 182 data hasil simulasi dan pengukuran yang dihimpun, parameter performa utama antenna yang digunakan untuk deteksi PD menunjukkan peningkatan yang konsisten selama satu dekade terakhir.

Nilai *return loss (RL)* meningkat dari -12 dB pada penelitian awal menjadi di bawah -30 dB pada antenna generasi terbaru, yang berarti refleksi daya pada port antenna semakin kecil dan efisiensi radiasi meningkat.

Nilai *VSWR* rata-rata menurun dari 1,9 menjadi sekitar 1,2, menandakan kesesuaian impedansi antenna yang lebih baik terhadap sistem transmisi $50\ \Omega$. Selain itu, *bandwidth* efektif meningkat lebih dari empat kali lipat, dari 0,8 GHz menjadi lebih dari 3 GHz.

Tabel berikut memberikan contoh perbandingan kinerja beberapa model antenna representatif:

Tabel 3. Perbandingan kinerja beberapa model antenna						
Model Antena	Jenis	Tahun	Return Loss (dB)	VSWR	Bandwidth (GHz)	Catatan Desain
<i>Bowtie</i> I [15]	<i>Bowtie</i>	2013	$-12,1$	1,85	0,8	Modifikasi ujung sederhana

TINJAUAN OPTIMASI DESAIN ANTENA UNTUK DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA
PERALATAN TEGANGAN TINGGI

<i>Bowtie</i> FA 60° [16]	<i>Bowtie</i>	2014	-17,3	1,65	1,4	Variasi <i>flare angle</i>
<i>Bowtie</i> MG [30]	<i>Bowtie</i>	2015	-21,5	1,46	2,0	Modifikasi medium <i>glasses</i>
<i>Spiral</i> 10 Segment [26]	<i>Spiral</i>	2018	-24,8	1,33	3,1	Penggunaan 10 segmen <i>spiral</i>
<i>Bowtie Double</i> <i>Layer</i> [32], [33]	<i>Bowtie</i>	2019	-27,6	1,25	3,4	Layer ganda, modifikasi irisan tengah
<i>Microstrip</i> <i>Circular</i> [13], [14]	<i>Microstrip</i>	2022	-29,5	1,18	3,4	<i>Circular patch</i> , optimasi model geomteri

Secara umum, antena dengan struktur *Bowtie* berlapis dan *Microstrip circular* menunjukkan performa paling unggul, terutama dalam hal lebar pita dan sensitivitas terhadap sinyal PD frekuensi tinggi (300 MHz – 3 GHz)

Rekomendasi Pengembangan Antena untuk Deteksi Partial Discharge (PD)

Berdasarkan hasil telaah terhadap 67 model antena dari 22 penelitian selama periode 2013–2023, ditemukan sejumlah peluang pengembangan desain antena agar performanya semakin optimal dalam mendeteksi sinyal partial discharge (PD). Arah pengembangan ke depan dapat difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu peningkatan sensitivitas frekuensi tinggi, optimasi bentuk dan bahan antena, serta integrasi sistem deteksi cerdas berbasis *digital signal processing* (DSP).

Secara teknis, peningkatan sensitivitas dan rentang frekuensi menjadi prioritas utama. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar antena PD bekerja efektif pada frekuensi 100 MHz hingga 2 GHz, sementara sinyal PD dengan *rise time* yang sangat cepat membutuhkan antena dengan respons lebar di atas 3 GHz. Oleh karena itu, pengembangan antena *broadband* seperti *Bowtie*, *Vivaldi*, dan *Log-periodic* perlu diarahkan pada optimasi dimensi *flare* dan sudut radiasi untuk memperlebar *bandwidth* tanpa mengorbankan *gain*, pemilihan *substrate* berkonstanta dielektrik rendah untuk mengurangi *losses*.

Penelitian lanjutan juga dapat mengarah pada integrasi antena dengan sistem monitoring PD cerdas, yang memanfaatkan analitik data dan *machine learning* untuk mengenali pola-pola sinyal PD secara otomatis. Pendekatan ini akan memperluas fungsi antena dari sekadar pendeteksi menjadi elemen kunci dalam sistem *predictive maintenance* di jaringan distribusi maupun transmisi tenaga listrik. Melalui integrasi tersebut, sistem monitoring PD akan mampu memberikan diagnosis dini terhadap potensi kerusakan isolasi, memperpanjang umur peralatan, serta meningkatkan keandalan pasokan listrik.

Dengan demikian, pengembangan antena untuk deteksi PD tidak hanya berfokus pada peningkatan aspek elektromagnetik semata, tetapi juga perlu mengarah pada integrasi multidisiplin antara desain antena, material canggih, dan sistem komputasi cerdas guna mendukung transformasi menuju sistem deteksi PD generasi berikutnya.

KESIMPULAN

Kajian terhadap 67 model antenna pada periode 2013–2023 menunjukkan perkembangan signifikan dalam desain dan performa antenna untuk sensor *partial discharge* (PD). Tren riset mengarah pada pemanfaatan antenna *Bowtie* dan *Microstrip* karena karakteristiknya yang lebar pita dan mudah diintegrasikan. Analisis parameter menunjukkan peningkatan kinerja dengan return loss mencapai -30 dB, VSWR menurun hingga $<1,3$, dan bandwidth melebar di atas 3 GHz, menandakan peningkatan efisiensi deteksi sinyal PD.

Rekomendasi pengembangan ke depan mencakup penerapan desain hibrid *Bowtie–Microstrip*, optimasi berbasis algoritma cerdas, serta pengujian dalam kondisi lapangan untuk memastikan reliabilitas sistem deteksi PD. Dengan arah penelitian ini, diharapkan lahir antenna generasi baru yang lebih sensitif, efisien, dan adaptif terhadap berbagai kondisi peralatan tegangan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdikti Saintek) melalui Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Kreuger, “Partial Discharge Detection in High Voltage Equipment,” *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. EI-12, no. 3, pp. 178–195, 1977.
- [2] J. S. T. Looms, *Insulation Coordination and Surge Protection in High Voltage Power Systems*. Peter Peregrinus Ltd., 1988.
- [3] R. Bartnikas, “Partial discharges: Their mechanism, detection and measurement,” *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 9, no. 5, pp. 763–808, 2002.
- [4] S. Okabe, T. Hikita, and T. Kawamoto, “Electromagnetic wave detection of partial discharge using an antenna sensor,” *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 12, no. 6, pp. 1173–1179, 2005.
- [5] Y. Li, J. Tang, and Z. Wang, “A Review on Electromagnetic Detection of Partial Discharges for Condition Monitoring of High Voltage Equipment,” *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 545, 2018.
- [6] T. S. Sidhu and Z. Xu, “Detection of partial discharges in transformers using radio frequency method,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 21, no. 3, pp. 1395–1401, 2006.
- [7] A. D. Raj, P. J. Thomas, and N. M. M. Kumar, “A review on antenna based partial discharge detection methods,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 134, p. 107423, 2022.
- [8] H. Zhu, L. Shu, and H. Wang, “A broadband Vivaldi antenna sensor for PD detection in GIS,” *IEEE Sens J*, vol. 19, no. 16, pp. 6864–6871, 2019.
- [9] F. Ashari and U. Khayam, “Design and fabrication of log periodic antenna as partial discharge sensor,” in *2017 4th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, 2017, pp. 79–81. doi: 10.1109/ICEVT.2017.8323538.
- [10] U. Khayam, M. Husna, and R. Rachmawati, “Design and Analysis of Toothed Log Periodic Antenna as Partial Discharge Sensor in Power Apparatus,” in *2019*

TINJAUAN OPTIMASI DESAIN ANTENA UNTUK DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA
PERALATAN TEGANGAN TINGGI

- International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy*, 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/IEEECONF48524.2019.9102592.
- [11] A. Fauzan, U. Khayam, Suwarno, M. Kozako, and M. Hikita, “Design and Fabrication of 3-D Cube UHF Antenna for Partial Discharge Detection,” in *2018 Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/CMD.2018.8535817.
- [12] J. P. Uwiringiyimana, Suwarno, and U. Khayam, “Design of a Rectangular Microstrip Patch Antenna as UHF Sensor for Partial Discharge Detection on Power Transformer,” in *2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 2021, pp. 563–568. doi: 10.1109/ICHVEPS53178.2021.9601064.
- [13] J. P. Uwiringiyimana, Suwarno, and U. Khayam, “Design of an Ultra-Wide Band Microstrip Patch Antenna for Partial Discharge Detection on Power Transformer,” in *2021 IEEE International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM)*, 2021, pp. 242–245. doi: 10.1109/ICPADM49635.2021.9493945.
- [14] J. P. Uwiringiyimana, Suwarno, and U. Khayam, “New Design of UHF Microstrip Patch Antenna for Partial Discharge Detection on Power Transformer,” in *2021 56th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/UPEC50034.2021.9548236.
- [15] H. Andre, “Perancangan dan Implementasi Antena PCB Sebagai Sensor UHF Untuk Pengukuran Partial Discharge (PD) pada Sistem Berisolasi Gas,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2013.
- [16] U. Khayam, F. Vauzia, and Suwarno, “Design, fabrication, and testing of double layer printed bow-tie antenna as partial discharge sensor in gas insulated switchgear,” in *The 2nd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE) 2014*, 2014, pp. 158–162. doi: 10.1109/ICPERE.2014.7067199.
- [17] F. Nugraha, “PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ANTENA BOWTIE DAN ANTENA DIPOLE DALAM MENDETEKSI PARTIAL DISCHARGE ,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2022.
- [18] K. Khotimah, U. Khayam, Suwarno, Y. Tai, M. Kozako, and M. Hikita, “Design of dipole antenna model for partial discharge detection in GIS,” *Proceedings - 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Bridging the Knowledge between Academic, Industry, and Community, ICEEI 2015*, pp. 186–191, 2015, doi: 10.1109/ICEEI.2015.7352493.
- [19] Y. Mustopa, “PERANCANGAN ANTENA DIPOL DENGAN PENAMBAHAN MATCHING IMPEDANCE SEBAGAI SENSOR UHF UNTUK PENGUKURAN PARTIAL DISCHARGE ,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2021.
- [20] T. Rhamdhani, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TIE-SQUARE DIPOLE ANTENA CETAK SEBAGAI SENSOR UNTUK PENGUKURAN PARTIAL DISCHARGE (PD) PADA SISTEM BERISOLASI GAS,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2022.
- [21] Y. M. Hamdani and U. Khayam, “Application of Circular Patch Microstrip Antenna (CPMA) for Partial Discharge Detector in oil insulation,” in *2019 2nd*

- International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011052.
- [22] J. P. Uwiringiyimana, U. Khayam, Suwarno, and G. C. Montanari, “Design and Implementation of Ultra-Wide Band Antenna for Partial Discharge Detection in High Voltage Power Equipment,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 10983–10994, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3144416.
- [23] J. P. Uwiringiyimana, U. Khayam, and Suwarno, “Application of a Novel Type of UHF Antenna for Partial Discharge Detection in Power Transformers Oil Insulation,” in *2022 9th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, 2022, pp. 442–447. doi: 10.23919/CMD54214.2022.9991524.
- [24] F. Ashari and U. Khayam, “Design and fabrication of vivaldi antenna as partial discharge sensor,” in *2017 4th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, 2017, pp. 76–78. doi: 10.1109/ICEVT.2017.8323537.
- [25] M. Husna, “Perancangan, Simulasi, Pembuatan dan Pengujian Antena Log Periodic Sebagai Sensor Partial Discharge ,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2015.
- [26] D. Trilaksono, “DESAIN DAN PENERAPAN ANTENA SPIRAL UNTUK PENGUKURAN PARTIAL DISCHARGE PADA PERALATAN TEGANGAN TINGGI YANG TERSELUBUNG LOGAM,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2018.
- [27] F. Rozi and U. Khayam, “Design, implementation and testing of triangle, circle, and square shaped loop antennas as partial discharge sensor,” in *The 2nd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE) 2014*, 2014, pp. 273–276. doi: 10.1109/ICPERE.2014.7067219.
- [28] A. Hakim and U. Khayam, “Simulation and testing of Goubau PCB antenna as partial discharge detector,” in *2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 2017, pp. 170–174. doi: 10.1109/ICHVEPS.2017.8225936.
- [29] U. Khayam and F. Alfaruq, “Design of Hilbert antenna as partial discharge sensor,” in *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)*, 2016, pp. 84–88. doi: 10.1109/ICIMECE.2016.7910419.
- [30] I. Suprianto *et al.*, “UHF sensor optimization used for detecting partial discharge emitted electromagnetic wave in gas insulated switchgear,” in *Proceedings of 2014 International Symposium on Electrical Insulating Materials*, 2014, pp. 229–232. doi: 10.1109/ISEIM.2014.6870760.
- [31] J. P. Uwiringiyimana, “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DOUBLE LAYER BOWTIE ANTENNA WITH WING EDGES MODIFICATION AS UHF SENSOR FOR PARTIAL DISCHARGE DETECTION ,” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2019.
- [32] M. S. H. Daulay and U. Khayam, “New Design of Double Layer Bow-tie Antenna with Edge and Middle Sliced Modification for Partial Discharge Measurement,” in *2018 Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)*, 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICPERE.2018.8739723.
- [33] M. S. H. Daulay and U. Khayam, “Design of Single and Double Layer Bowtie Antenna as Partial Discharge Sensors on Power Apparatus,” in *2019 6th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)*, 2019, pp. 216–221. doi: 10.1109/ICA.2019.8916704.