



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE184801

**PENGARUH JARAK ANTENA TERHADAP PERFORMANSI
DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLASI UDARA**

Adhestian Naufal Rizaldy
NRP 07111745000004

Dosen Pembimbing
Danar Fahmi, ST, MT
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T.,M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi ELEKTRO
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE184801

**EFFECT OF ANTENA DISTANCE ON PARTIAL
DISCHARGE DETECTION PERFORMANCE IN AIR
INSULATION**

Adhestian Naufal Rizaldy
NRP 07111745000004

Advisor
Danar Fahmi, ST, MT
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T.,M.Sc

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

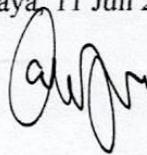
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Pengaruh Jarak Antena terhadap Performansi Deteksi Partial Discharge pada Isolasi Udara”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 11 Juli 2019



Adhastian Naufal Rizaldy
NRP 07111745000004

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**PENGARUH JARAK ANTENA TERHADAP
PERFORMANSI DETEKSI *PARTIAL DISCHARGE*
PADA ISOLASI UDARA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Sistem Tenaga Listrik
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

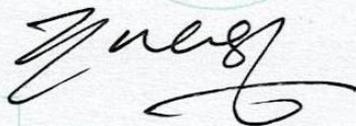
Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Damir Fahmi, ST., MT
NIP. 198909252014041002

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST.,
L.Sc
NIP. 196308171990031001



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PENGARUH JARAK ANTENA TERHADAP PERFORMANSI DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLASI UDARA

Nama : Adhestian Naufal Rizaldy
Pembimbing : 1. Daniar Fahmi, ST, MT
2. Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc

ABSTRAK

Isolasi adalah suatu peralalan yang mempunyai fungsi untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga antara penghantar-penghantar tersebut tidak terjadi lompatan listrik atau percikan. Apabila tegangan yang diberikan melebihi kuat medan isolasi, maka akan terjadi *breakdown* yang berakibat adanya arus yang mengalir antara peralalan tegangan tinggi. Contoh dari fenomena *Pre-breakdown voltage* yaitu *partial discharge*. *Partial discharge* atau peluahan sebagian adalah peristiwa pelepasan atau loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi sebagai akibat dari adanya potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Aktivitas *partial discharge* memancarkan gelombang elektromagnetik yang mengandung *Ultra High Frequency* (UHF). Adanya gelombang elektromagnetik berfrekuensi ultra tinggi ini dapat terdeteksi oleh antenna dengan kemampuan menangkap gelombang berfrekuensi ultra tinggi. Pengujian dilakukan pada isolasi udara berskala laboratorium menggunakan 3 antenna yaitu antenna *loop*, *microstrip*, dan *monopole*. Elektroda yang digunakan adalah elektroda *point to plane* dengan jarak 3 cm. Variasi jarak antenna diberikan 15 cm, 25 cm, dan 35 cm. Pembangkit yang digunakan bertipe AC. Data hasil pengujian diolah menjadi *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD). Hasil menunjukkan bahwa pengaruh jarak antenna mempengaruhi besar amplitudo yang ditangkap antenna, dimana semakin dekat jarak antenna terhadap sumber *partial discharge*, maka semakin besar pula amplitudo tegangan antenna. Jumlah titik PRPD pada jarak 15 cm lebih banyak daripada pada jarak 25 cm ataupun 35 cm. Hal ini disebabkan medan elektromagnetik yang ditangkap oleh antenna makin besar.

Kata Kunci : *Partial Discharge*, *Ultra High Frequency* (UHF), Antenna, Isolasi Udara

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

Effect of Antena Distance on Partial Discharge Detection Performance on Air Insulation

Name : Adhastian Naufal Rizaldy

Advisor : 1. Daniar Fahmi, ST, MT

2. Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc

ABSTRACT

Isolation is an equipment that has a function to separate two or more electric conductors so that between the conductors there is no electric jump or spark. If the voltage given exceeds the strength of the isolation field, a breakdown will occur which results in a current flowing between high voltage equipment. An example of a Pre-breakdown voltage phenomenon is partial discharge. Partial discharge or partial discharge is the event of the release or jump of electric spark that occurs in a part of isolation as a result of the existence of high potential in the isolation. Partial discharge activity emits electromagnetic waves containing Ultra High Frequency (UHF). The presence of ultra high frequency electromagnetic waves can be detected by an antenna with the ability to capture ultra high frequency waves. Tests carried out in laboratory scale air isolation using 3 antenas namely loop antenna, microstrip, and monopole. The electrode used is the point to plane electrode with a distance of 3 cm. Antena distance variations are given 15 cm, 25 cm and 35 cm. The generator used is an AC type. The test data is processed into a Phase Resolved Partial Discharge (PRPD). The results show that the effect of antena distance affects the magnitude of the amplitude captured by the antenna, where the closer the antenna is to the source of the partial discharge, the greater the amplitude of the antenna voltage. Number of PRPD points at a distance of 15 cm more than at a distance of 25 cm or 35 cm. This is due to the greater electromagnetic field captured by the antenna.

Keywords: *Partial Discharge, Ultra High Frequency (UHF), Antena, Air Insulation*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

PENGARUH JARAK ANTENA TERHADAP PERFORMANSI DETEKSI PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLASI UDARA

Atas selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, saya sebagai penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Papa, Mama, Mas Beng, dan Mbak Shinta yang selalu memberikan doa dan selalu memberikan semangat untuk kelancaran Tugas Akhir penulis.
3. Bapak Daniar Fahmi, ST, MT dan Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M,Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam mengerjakan Tugas Akhir serta penyusunan laporan Tugas Akhir.
4. Teman-teman yang selalu ada ketika susah saja yaitu Catur Andianto dan Faizal Ijlal Azmi.
5. Teman-teman yang selalu membantu dalam penulisan Tugas Akhir yaitu Tika, Nabella, Eli, Aldino, dan Derry.
6. Teman-teman LJ 2017 yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari dan mohon maaf atas segala kekurangan pada tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 11 Juli 2019

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI DASAR	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Media Isolasi	5
2.3 Isolasi Gas	6
2.3.1 Jenis-Jenis Isolasi Gas	6
2.3.2 Isolasi Udara	6
2.4 Kekuatan Dielektrik	7
2.5 Kegagalan Dielektrik Udara	7
2.6 Kegagalan pada Medan Non-Homogen	8
2.7 Fenomena Pre Breakdown	8
2.8 Klasifikasi Frekuensi Radio	10
2.9 Antena	11
BAB III ALAT PENGUJIAN DAN METODE PENGAMBILAN	
DATA	13
3.1 Alat Pengujian	13

3.2	Pembangkitan Tegangan AC	15
3.3	Elektroda Uji	16
3.4	<i>High Frequency Current Transformer</i> (HFCT)	17
3.5	Oscilloscope.....	18
3.6	Antena	19
3.6.1	Antena <i>Loop</i>	20
3.6.2	Antena <i>Microstrip</i>	20
3.6.3	Antena <i>Monopole</i>	21
3.7	Teknik Akusisi Data	22
3.8	Uji Performansi Antena.....	22
BAB IV ANALISIS DETEKSI <i>PARTIAL DISCHARGE</i> PADA		
	ISOLASI UDARA DENGAN ANTENA	25
4.1	Fenomena <i>Partial Discharge</i> pada Isolasi Udara	25
4.2	Perbandingan Bentuk Gelombang Antena dan HFCT Sebagai Validasi Data Fenomena <i>Partial Discharge</i>	25
4.3	Analisa PRPD (Phase Resolved Partial Discharge).....	30
4.3.1	Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena <i>Loop</i> dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji.....	31
4.3.2	Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena <i>Microstrip</i> dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji.....	33
4.3.3	Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena <i>Monopole</i> dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji.....	36
4.4	Analisa Amplitudo Tegangan Antena Terhadap Jarak	38
BAB IV PENUTUP.....		
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....		
RIWAYAT HIDUP.....		
		45
		47

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1	Kegagalan pada Medan Non-Homogen.....	8
Gambar 2.2	Gelombang Elektromagnetik pada GIS	9
Gambar 3.1	Skema Peralatan Pengujian	14
Gambar 3.2	Peralatan Pengujian yang Digunakan	14
Gambar 3.3	Pembangkitan Tegangan Tinggi AC	15
Gambar 3.4	Elektroda Uji <i>Point to Plane</i>	16
Gambar 3.5	Skematik elektroda <i>point to plane</i>	17
Gambar 3.6	<i>High Frequency Current Transformer</i> (HFCT)	18
Gambar 3.7	<i>Oscilloscope SHS 1000 Series Handheld Digital</i>	19
Gambar 3.8	Antena Loop.....	20
Gambar 3.9	Antena <i>Microstrip</i>	21
Gambar 3.10	Antena <i>Monopole</i>	21
Gambar 3.11	Performa antena pada jarak 15 cm	23
Gambar 4.1	Gelombang HFCT dan Antena <i>Loop</i> dengan Jarak 15 cm	26
Gambar 4.2	Gelombang HFCT dan Antena <i>Mirostrip</i> dengan Jarak 15 cm	26
Gambar 4.3	Gelombang HFCT dan Antena <i>Monopole</i> dengan Jarak 15 cm	27
Gambar 4.4	Gelombang HFCT dan Antena <i>Loop</i> dengan Jarak 25 cm	27
Gambar 4.5	Gelombang HFCT dan Antena <i>Microstrip</i> dengan Jarak 25 cm	28
Gambar 4.6	Gelombang HFCT dan Antena <i>Monopole</i> dengan Jarak 25 cm	28
Gambar 4.7	Gelombang HFCT dan Antena <i>Loop</i> dengan Jarak 35 cm	29
Gambar 4.8	Gelombang HFCT dan Antena <i>Microstrip</i> dengan Jarak 35 cm	29
Gambar 4.9	Gelombang HFCT dan Antena <i>Monopole</i> dengan Jarak 35 cm	30
Gambar 4.10	Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena <i>Loop</i> 15 cm.....	32
Gambar 4.11	Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena <i>Loop</i> 25 cm.....	32
Gambar 4.12	Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena <i>Loop</i> 35 cm.....	33
Gambar 4.13	Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena <i>Microstrip</i> 15 cm	34

Gambar 4.14	Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena <i>Microstrip</i> 25 cm.....	35
Gambar 4.15	Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena <i>Microstrip</i> 35 cm.....	35
Gambar 4.16	Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena <i>Monopole</i> 15 cm	37
Gambar 4.17	Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena <i>Monopole</i> 25 cm	37
Gambar 4.18	Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena <i>Monopole</i> 35 cm	38
Gambar 4.19	Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena <i>Loop</i> pada Jarak yang Berbeda	39
Gambar 4.20	Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena <i>Microstrip</i> pada Jarak yang Berbeda.....	39
Gambar 4.21	Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena <i>Monopole</i> pada Jarak yang Berbeda.....	40

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Klasifikasi Frekuensi	10
Tabel 3.1 Spesifikasi Pembangkitan Tegangan Tinggi AC.....	16
Tabel 3.2 Spesifikasi HFCT	18
Tabel 3.3 Nilai Amplitudo Antena pada Jarak 15 cm	23
Tabel 4.1 Jumlah Titik PRPD pada Antena <i>Loop</i>	33
Tabel 4.2 Jumlah Titik PRPD pada Antena <i>Microstrip</i>	36
Tabel 4.3 Jumlah Titik PRPD pada Antena <i>Monopole</i>	38
Tabel 4.4 Nilai Amplitudo pada Antena <i>Loop</i>	40
Tabel 4.5 Nilai Amplitudo pada Antena <i>Microstrip</i>	41
Tabel 4.6 Nilai Amplitudo pada Antena <i>Monopole</i>	41

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolasi merupakan suatu peralatan tegangan tinggi yang memiliki fungsi sebagai tahanan agar tidak terjadi *breakdown* yang tidak diinginkan. Kemampuan isolasi dalam menahan tegangan mempunyai batas tertentu sesuai dengan material yang digunakan dan kondisi lingkungan sekitar. Apabila tegangan yang diberikan melebihi kuat medan isolasi, maka terjadi *breakdown* yang berakibat adanya arus yang mengalir antara peralatan tegangan tinggi. Ada 3 jenis bahan isolasi, yaitu isolasi gas, isolasi padat, dan isolasi cair. Pada isolasi gas, jenis bahan yang umumnya digunakan yaitu udara, hidrogen, dan gas SF₆. Kinerja peralatan sangat dipengaruhi oleh bahan isolasinya, karena kekuatan dielektrik bahan isolasinya turun[1].

Pre-breakdown voltage adalah suatu fenomena yang menandakan terjadinya kegagalan pada suatu bahan isolasi. Salah satu contoh dari fenomena *pre-breakdown voltage* yaitu *partial discharge*. *Partial discharge* atau peluahan sebagian adalah peristiwa pelepasan atau loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga atau permukaan) sebagai akibat dari adanya potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut[2].

Ada beberapa cara dalam melakukan pengecekan bagian isolasi, salah satunya adalah mendeteksi adanya aktivitas *partial discharge* pada bagian tersebut. Cara paling tradisional adalah metode *electrical* yang mana metode ini menggunakan kapasitor *coupling* yang tersambung dengan sistem dan mengukur hubung singkat mendadak melalui isolasi. Aktivitas *partial discharge* memancarkan gelombang elektromagnetik yang mengandung *Ultra High Frequency* (UHF). Adanya gelombang elektromagnetik berfrekuensi ultra tinggi ini dapat terdeteksi oleh antena dengan kemampuan menangkap gelombang berfrekuensi ultra tinggi[3][4]. Metode UHF ini memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap aktivitas *partial discharge*. Jenis-jenis antena yang dapat digunakan meliputi antena *monopole*, antena *microstrip*, dan antena *loop*.

Pada tugas akhir ini dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh jarak antena terhadap performansi mendeteksi *partial discharge* pada isolasi udara. Untuk pengujian dibutuhkan beberapa rangkaian peralatan yang berupa perangkat keras untuk melakukan pengujian dan perangkat lunak untuk mengolah hasil data yang telah didapatkan.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana susunan rangkaian dan peralatan yang dapat digunakan untuk menangkap sinyal frekuensi *partial discharge*.
2. Bagaimana cara mendeteksi aktivitas *partial discharge* dengan menggunakan antena.
3. Bagaimana karakteristik *partial discharge* pada isolasi udara.
4. Bagaimana bentuk gelombang atau sinyal yang terbentuk ketika ada aktivitas *partial discharge* terdeteksi.
5. Bagaimana pengaruh jarak pada beberapa antena dengan bentuk yang berbeda terhadap kemampuan deteksi aktivitas *partial discharge*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Karakteristik sinyal gelombang dan aktivitas *partial discharge* yang diteliti hanya pada media isolasi udara dengan mengabaikan suhu ruangan
2. Pengujian dilakukan dengan sumber tegangan AC dan kombinasi penggunaan elektroda plat dan elektroda jarum.
3. Menggunakan tiga macam antena yaitu antena *monopole*, *microstrip*, dan *loop* untuk deteksi sinyal yang dihasilkan oleh aktivitas *partial discharge*.
4. Pembuatan antena berdasarkan referensi jurnal dan penelitian sebelumnya, sehingga tidak dilakukan pengujian lebih lanjut.
5. Variasi jarak yang digunakan ada 3, yaitu 15cm, 25cm, dan 35cm dari elektroda uji.

1.4 Tujuan

Tugas akhir ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Terbentuknya serangkaian alat yang dapat digunakan dalam menangkap sinyal frekuensi *partial discharge* dengan antena.
2. Mengetahui cara deteksi sinyal frekuensi *partial discharge*.
3. Mengetahui karakteristik dari *partial discharge* pada isolasi udara ditinjau dari bentuk sinyal frekuensinya saat aktivitas *partial discharge* terdeteksi.
4. Mengetahui bentuk gelombang atau sinyal yang terbentuk ketika ada aktivitas *partial discharge* terdeteksi.

5. Mengetahui pengaruh jarak pada beberapa antena dengan bentuk yang berbeda terhadap performa dalam mendeteksi aktivitas *partial discharge*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Mempelajari fenomena *partial discharge* secara umum, *partial discharge* pada isolasi udara. Mempelajari desain-desain antena yang digunakan meliputi antena *loop*, *microstrip*, dan *monopole*. Mempelajari perangkat keras yang digunakan dalam pengujian seperti *oscilloscope* SHS1000 series, HFCT, pembangkit tegangan tinggi AC.
2. Persiapan Pengujian
Membuat antena *loop*, *microstrip*, dan *monopole* yang sudah di desain sedemikian rupa. Mempersiapkan rangkaian peralatan untuk pengujian, yaitu: pembangkit tegangan tinggi AC, elektroda jarum-datar, antena, *oscilloscope*, dan HFCT.
3. Pengujian dan Pengambilan Data
Pengujian dilakukan dengan membangkitkan tegangan tinggi AC yang telah tersambung dengan elektroda jarum-datar sedemikian rupa. HFCT diletakkan di sisi *ground* kabel pembangkit. Antena diletakkan di depan elektroda uji dengan variasi jarak 15 cm, 25 cm, 35cm. Kemudian tegangan dinaikkan sampai terdengar desis yang menandakan *partial discharge* mulai terjadi. Antena menangkap sinyal frekuensi dari *partial discharge*, kemudian ditampilkan di *oscilloscope* beserta tampilan sinyal dari HFCT juga yang setelah itu dilakukan analisis lebih lanjut sehingga dapat disimpulkan dan dikaitkan dengan teori yang ada.
4. Pengolahan dan analisa data
Setelah dilakukan pengujian, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisa data terhadap data-data yang sudah didapat. Untuk tahap ini, data yang sudah didapat diolah sedemikian rupa yang kemudian dilakukan analisa sampai mendapatkan suatu hasil.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan uraian sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, dan relevansi.

Bab II: Dasar Teori

Bab ini menjelaskan secara umum teori penunjang penyusunan penelitian ini, secara garis besar mengenai *partial discharge* pada isolasi udara, ketidak seragaman medan, dan antena.

Bab III: Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang penjelasan dalam perencanaan alat pengujian dan cara pengambilan serta pengolahan data.

Bab IV: Analisa Data

Bab ini berisi sajian data-data dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar serta pembahasan mengenai proses pengolahan data yang kemudia dianalisis sampai didapatkan sebuah hasil mengenai karakter sinyal/gelombang *partial discharge* pada isolasi udara.

Bab V: Penutup

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini dapat dijadikan referensi pada penelitian selanjutnya dengan topik yang sejenis.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa penelitian, terdapat penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan.

Penelitian yang menjadi tinjauan pustaka penulis adalah penelitian yang dilakukan oleh Basith Akbar (2019) yang berjudul “Klasifikasi Pola *Partial Discharge* pada Isolasi Cair dan Isolasi Udara Dengan Menggunakan Antena”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik dari aktivitas *partial discharge* pada isolasi udara dan cair dengan menggunakan metode UHF dan *Leakage Current*. Antena yang digunakan yaitu antena *microstrip* dengan frekuensi frekuensi 2.4 GHz. Minyak yang digunakan sebagai isolasi cair adalah minyak mineral Shell Diala B. Pengujian *partial discharge* menggunakan pembangkit tegangan tinggi AC. Elektroda yang digunakan untuk pengujian *partial discharge* pada media isolasi udara dan media isolasi cair adalah elektroda datar dan elektroda jarum berdiameter 2 mm dengan bahan *stainless steel*, dan variasi jarak elektroda 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Data yang diambil merupakan data *partial discharge* pada tegangan 3 kV sebelum *breakdown* pada isolasi udara dan tegangan 4 kV sebelum *breakdown* pada isolasi cair. Jarak antena 30 cm dari elektroda uji.

Hasil pengujian didapatkan bahwa pengaruh jarak antar elektroda dan jenis media isolasi mempengaruhi pola *partial discharge* dan banyaknya titik PRPD. Dari dua metode yang digunakan, antena berfrekuensi UHF lebih baik dibandingkan metode *leakage current* untuk mendeteksi *partial discharge* dikarenakan metode *leakage current* sulit untuk membentuk pola *partial discharge*.

2.2 Media Isolasi

Isolasi memiliki peranan penting dalam sistem tenaga listrik. Media isolasi digunakan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan agar tidak terjadi lompatan listrik (*flash over*). Media isolasi dibagi menjadi tiga jenis adalah media isolasi padat, isolasi cair, dan isolasi gas.

2.3 Isolasi Gas

Gas sebagai media isolasi dan penghantar panas pada suatu peralatan sistem tenaga. Isolasi gas memiliki tingkat kesensitivitasan tinggi pada ketidakstabilan temperatur dan ketidaknormalan sifat dielektrik pada tekanan yang tinggi. Dengan kemampuan dielektrik tersebut, isolasi gas dapat digunakan sebagai media isolasi untuk sistem proteksi peralatan sistem tenaga. Dalam pemilihan penggunaan jenis isolasi gas perlu diperhatikan sifat kedielektrikannya dan disesuaikan pada kondisi penggunaannya seperti temperatur dan tekanan.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi isolator gas adalah sebagai berikut:

- a. Sifat kelistrikan, meliputi tahanan isolasi, faktor daya, kekuatan dielektrik, konstanta dielektrik, dan rugi-rugi dielektrik
- b. Temperatur
- c. Sifat kimia
- d. Sifat mekanis, meliputi kerapatan volume, viskositas, absorpsi kelembaman

2.3.1 Jenis-Jenis Isolasi Gas

Beberapa macam isolasi gas yang digunakan pada sistem tenaga listrik berdasarkan kekuatan dielektrik, rugi-rugi dielektrik, stabilitas kimia, korosi, dan lain-lain dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Gas sederhana, seperti udara, nitrogen, helium, hidrogen, dan lain-lain.
- b. Gas oksida, seperti gas karbondioksida, gas sulphur dioksida, dan lain-lain.
- c. Gas hidrokarbon, seperti methana, ethana, propana, dan lain-lain.
- d. Gas elektronegatif, seperti gas *sulphur hexaflorida*, diklormetana (CH_2Cl_2).

2.3.2 Isolasi Udara

Salah satu media isolasi gas yang digolongkan menjadi gas sederhana yaitu isolasi udara. Isolasi udara banyak digunakan karena kekuatan dielektrik yang lebih besar dibandingkan dengan media isolasi padat dan isolasi cair. Susunan udara terdiri dari 78% nitrogen, 20% oksigen, dan sisanya sekitar 2% dari macam-macam gas seperti karbondioksida. Isolasi udara memiliki tegangan tembus yang cukup besar yaitu 20-24 kV/cm.

Isolasi udara merupakan media isolasi yang paling banyak digunakan. Jenis-jenis isolasi udara diantaranya adalah *Sulfur Hexafluoride* (SF₆), *Nitrogen* (N₂), dan *Carbon dioxide* (CO₂). Isolasi udara banyak digunakan pada peralatan tegangan tinggi, saluran listrik jaringan tegangan rendah (JTR), jaringan tegangan menengah (JTM), dan jaringan tegangan tinggi (JTT). Sifat-sifat isolasi udara diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Apabila dua buah elektroda yang dipisahkan oleh beda tegangan yang melebihi tegangan tembus akan timbul loncatan bunga api.
- b. Apabila tegangan terus dinaikkan maka akan muncul busur api.
- c. Apabila diberikan tegangan yang melebihi kekuatan isolasinya maka isolasi udara mengalami pelepasan muatan.
- d. Besarnya tegangan tembus dipengaruhi oleh besarnya tekanan, temperatur udara, dan medan disekitar.

2.4 Kekuatan Dielektrik

Kekuatan dielektrik adalah kemampuan ketahanan suatu dielektrik untuk menahan tegangan tinggi tanpa menyebabkan terjadinya kegagalan. Apabila dielektrik tidak dapat menahan tegangan tinggi yang diberikan, maka dielektrik menjadi konduktif atau mengalami tegangan tembus (*breakdown voltage*). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan dielektrik pada suatu media isolasi diantaranya material elektroda, suhu, bentuk tegangan yang diinjek, udara dalam cairan, dan sifat atom. Persamaan untuk kekuatan dielektrik dapat ditulis seperti dibawah ini.

$$E = \frac{V}{d} \quad (2-1)$$

Keterangan:

- E = Kuat medan listrik pada dielektrik (kV/cm)
V = *Breakdown voltage* pada alat ukur (kV)
d = Jarak sela elektroda (cm)

2.5 Kegagalan Dielektrik Udara

Proses kegagalan bahan isolasi udara tergantung pada pembawa muatan dalam gas berupa elektron dan ion. Ionisasi merupakan hal yang penting dari kegagalan dielektrik udara. Ionisasi merupakan proses pembentukan ion dengan menambahkan atau mengurangi elektron. Karakteristik pembawa muatan pada isolasi udara sangat dipengaruhi oleh proses beraturan dengan molekul sehingga pada bagian awal dari

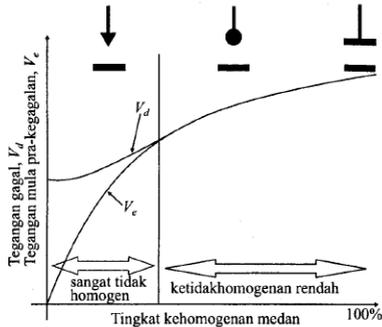
proses kegagalan bahan isolasi udara. Terdapat dua proses mekanisme kegagalan isolasi udara diantaranya sebagai berikut:

- Proses primer yaitu proses yang memungkinkan banjir elektron (*avalanche*) elektron terjadi.
- Proses sekunder yaitu proses yang memungkinkan banjir elektron (*avalanche*) meningkat.

Mekanisme kegagalan isolasi udara dibagi menjadi dua yaitu mekanisme *townsend* dan mekanisme *streamer*.

2.6 Kegagalan pada Medan Non-Homogen

Pada medan homogen, kegagalan *streamer* terjadi secara langsung tanpa didahului oleh pra-peluahan. Setelah tercapainya kegagalan *streamer* maka pertama-tama terbentuk pra-peluahan yang stabil atau korona. Apabila tegangan ditingkatkan, pra-peluahan berkembang menjadi peluahan yang menyebabkan isolasi gagal bekerja. Kegagalan pada medan non-homogen ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Kegagalan pada Medan Non-Homogen

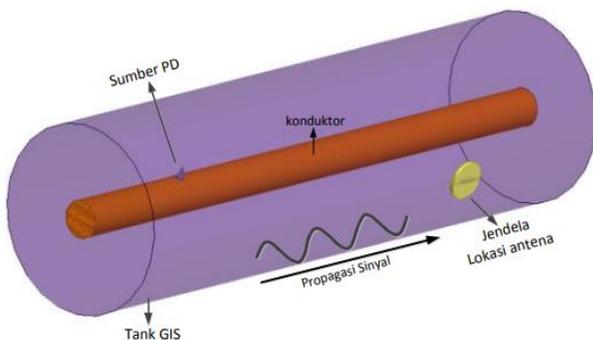
2.7 Fenomena Pre Breakdown

Fenomena *pre-breakdown voltage* adalah suatu fenomena yang menandai bahwa akan terjadinya proses kegagalan dari suatu bahan isolasi. Contoh fenomena *pre-breakdown voltage* adalah *partial discharge* (PD) atau peluahan sebagian, yaitu peristiwa peluahan atau pelepasan muatan listrik yang terjadi pada sebagian atau seluruh bagian bahan isolasi yang apabila terus menerus diberikan tegangan yang semakin tinggi dapat menyebabkan gagalnya suatu sistem isolasi serta menyebabkan terhubungnya dua buah konduktor atau lebih yang seharusnya tidak terhubung [2]. Hal utama yang menandai *pre-*

breakdown voltage ataupun *partial discharge* yaitu peluahan yang terjadi tidak sampai menghubungkan kedua konduktor secara sempurna. Peristiwa tersebut dapat menyebabkan menurunnya kekuatan dielektrik suatu bahan isolasi yang secara bertahap pada jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi [1].

Bahan isolasi akan menunjukkan sifatnya bila dipengaruhi oleh medan listrik. Bahan isolasi akan mengalami pelepasan muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik apabila tegangan yang diterapkan melampaui kekuatan isolasinya. Karena pada kenyataannya udara yang sesungguhnya tidak hanya terdiri dari molekul-molekul netral saja tetapi ada sebagian kecil di dalamnya berupa ion-ion dan elektron-elektron yang bebas, yang akan mengakibatkan udara akan mengalirkan arus walaupun dalam kapasitas yang terbatas atau kecil. Jika gas dipanasi sampai suhu yang cukup tinggi, maka banyak atom netral yang akan memperoleh energi yang diperlukan untuk mengionisasikan atom-atom lain dengan cara terjadinya benturan. Selain suhu, jarak sela antar konduktor dan luas permukaan konduktor yang bertegangan juga menentukan laju pergerakan elektron dalam dielektrik udara.

Partial discharge menghasilkan pulsa arus dalam orde nanodetik. Terbentuknya pulsa arus diikuti dengan perubahan medan listrik. Jika perubahan ini terjadi secara kontinu maka terbentuk gelombang elektromagnetik yang merambat ke segala arah. Perambatan (propagasi) gelombang elektromagnetik sangat dipengaruhi oleh media rambat dan bentuk geometri lingkungan sekitar. Propagasi gelombang elektromagnetik dapat dimodelkan seperti kabel koaksial seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Gelombang Elektromagnetik pada GIS

Komponen frekuensi tinggi merambat sepanjang jalur koaksial dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya (c) dengan media udara. Propagasi gelombang pada media lain memiliki kecepatan yang berbeda tergantung pada nilai permitifitas relatif (ϵ_r), hubungan kecepatan propagasi (v) dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-2)$$

Waktu relatif kemunculan sinyal PD dapat digunakan untuk mengetahui letak dari kerusakan terjadi.

2.8 Klasifikasi Frekuensi Radio

Adanya pergerakan medan akibat dikenai oleh tegangan yang tinggi menghasilkan suatu gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik ini berhubungan dengan frekuensi radio. Gelombang atau spectrum elektromagnetik adalah suatu rentang yang terdiri dari semua radiasi elektromagnetik yang ada pada gelombang frekuensi radio. Spektrum elektromagnetik ini dapat dihasilkan oleh antenna yang dilewatkan/diberikan arus AC. Menurut ITU (*International Telecommunication Union*), frekuensi diklasifikasikan menjadi beberapa *range* yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi Frekuensi

Range Frekuensi	Pita Frekuensi	Panjang Gelombang
3 – 30 kHz	<i>Very Low Frequency</i>	100.000 – 10.000 m
30 – 300 kHz	<i>Low Frequency</i>	10.000 – 1.000 m
300 – 3000 kHz	<i>Medium Frequency</i>	1.000 – 100 m
3000 – 30 MHz	<i>High Frequency</i>	100 – 10 m
30 – 300 MHz	<i>Very High Frequency</i>	10 – 1 m
300 – 3000 MHz	<i>Ultra High Frequency</i>	1 m – 10 cm

Lanjutan Tabel 2.1

Range Frekuensi	Pita Frekuensi	Panjang Gelombang
3 – 30 GHz	<i>Super High Frequency</i>	10 cm – 1 cm
30 – 300 GHz	<i>Extremely High Frequency</i>	1 cm – 1 mm

2.9 Antena

Antena merupakan alat untuk mengkonversi besaran listrik menjadi gelombang elektromagnetik. Antena juga dapat digunakan untuk menangkap gelombang elektromagnetik dari udara dan dikonversikan menjadi besaran listrik melalui saluran transmisi, begitu pula sebaliknya yaitu untuk memancarkan gelombang elektromagnetik. Antena mempunyai beberapa bentuk yaitu antena *monopole*, antena *loop*, antena pantul (*reflector antena*), antena kabel (*wired antena*), antena celah (*arpature antena*), antena *microstrip*, dan antena log periodik.

Antena dapat mengirim dan menerima sinyal. Antena dapat dibuat dari lilitan yang dapat berfungsi sebagai transmitter dan receiver yang dapat menangkap induksi magnetic. Antena pada aplikasi peralatan power digunakan untuk menerima sinyal UHF. Ketika medan magnet melewati kumparan, maka menghasilkan tegangan induksi yang melewati lilitan. Berdasarkan hukum faraday, Medan magnet yang melewati permukaan yang dibatasi oleh jalur tertutup menginduksi tegangan di sekitar konduktor seperti yang dinyatakan oleh persamaan (2-3) dan (2-4) dibawah ini.

$$V_{ind} = -N \frac{d\psi}{dt} \quad (2-3)$$

$$\psi = \int B \cdot dS \quad (2-4)$$

Dimana :

N = Banyaknya lilitan

ψ = flux magnet

B = induksi magnetic

S = area permukaan

Antena *loop* adalah antena yang terdiri dari *loop* atau gulungan kawat, tabung, atau konduktor listrik lainnya yang biasanya menyulang sumber yang seimbang ataupun menyulang beban yang seimbang. Semakin besar ukuran antena *loop*, semakin baik pula performanya. Sebuah antena *loop* akan beresonansi (dengan impedansi murni) sebagai perimeter *loop* mendekati satu panjang gelombang dalam ukuran. Oleh karena itu antena *loop* 300 MHz harus memiliki keliling 1m atau lebih besar, antena *loop* 2,4 GHz hanya perlu sekitar 12cm di perimeter [5].

Antena *microstrip* adalah antena berbahan konduktor yang diletakkan diatas *ground plane*, umumnya memiliki bentuk yang kecil sehingga dapat dengan mudah diletakkan di segala bentuk permukaan. Bentuk *microstrip* sendiri terdiri dari patch sebagai elemen peradiasi, substrat, dan *ground plane*.

Antena *monopole* adalah antena yang terdiri dari konduktor berbentuk batang lurus, umumnya dipasang tegak lurus diatas beberapa jenis permukaan konduktif, yang disebut *ground plane*. Dalam prakteknya, antena *monopole* digunakan pada *ground plane* berukuran terbatas. Hal ini mempengaruhi sifat dari antena *monopole*, khususnya pola radiasinya. Impedansi dari antena *monopole* sedikit dipengaruhi oleh *ground plane* berukuran terbatas untuk *ground plane* yang setidaknya beberapa panjang gelombang dalam ukuran di sekitar *monopole*. Namun, pola radiasi untuk *monopole* sangat dipengaruhi oleh *ground plane* berukuran terbatas, karena pola radiasi yang dihasilkan terpancar dalam arah yang miring, menjauhi bidang horizontal.

BAB III

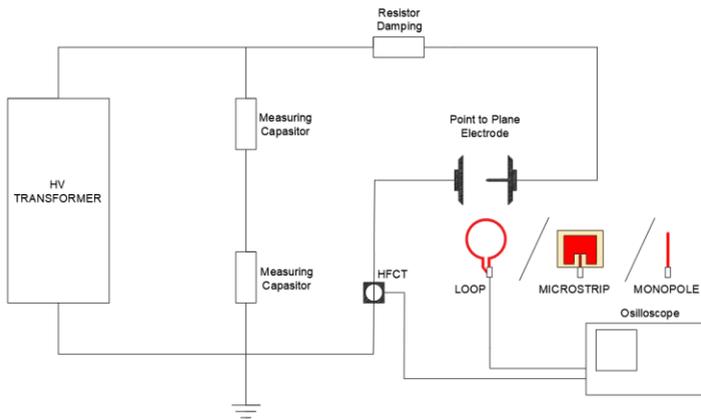
ALAT PENGUJIAN DAN METODE PENGAMBILAN DATA

Bab ini menjelaskan tentang metode pengambilan data dan penjelasan tentang peralatan yang digunakan untuk pengujian.

3.1 Alat Pengujian

Pengujian ini menggunakan 2 jenis peralatan yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras digunakan untuk melakukan pengujian, dan perangkat lunak digunakan untuk mengolah data hasil dari pengujian. Macam-macam perangkat keras yang digunakan yaitu pembangkit tegangan AC, elektroda runcing dan plat (*point to plane*), *oscilloscope handheld siglent 2 channel*, *High Frequency Current Frequency* (HFCT), antena *microstrip*, antena *loop*, antena *monopole*, dan laptop untuk melakukan pengolahan data. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah hasil data yaitu Matlab untuk menampilkan plot dari hasil yang di deteksi oleh antena, lalu Microsoft Excel untuk melakukan pengolahan data.

Tugas akhir ini mendeteksi adanya *partial discharge* pada isolasi udara, dengan menggunakan tiga antena dengan jenis yang berbeda yaitu *monopole*, *microstrip*, dan *loop*. Tegangan tinggi AC dibangkitkan lalu dialirkan ke elektroda uji dengan menaikkan tegangan secara bertahap sampai terlihat adanya lonjakan gelombang pada *oscilloscope* yang tersambung dengan salah satu antena. Setelah antena berhasil mendeteksi adanya *partial discharge*, data disimpan dengan menggunakan *flashdisk* lalu dapat diolah di Microsoft Excel dan Matlab. Rangkaian peralatan untuk pengujian dan pengolahan data untuk deteksi *partial discharge* pada isolasi udara ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 dibawah ini.



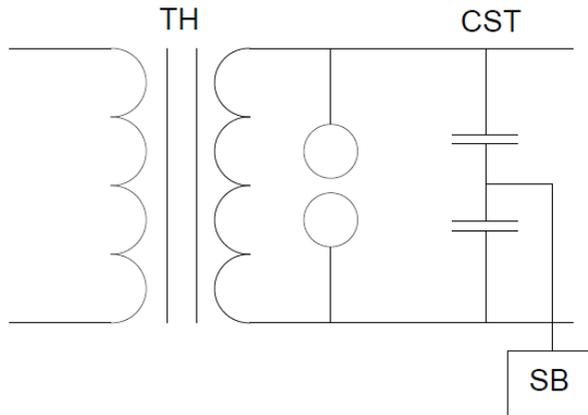
Gambar 3.1 Skema Peralatan Pengujian



Gambar 3.2 Peralatan Pengujian yang Digunakan

3.2 Pembangkitan Tegangan AC

Pada laboratorium tegangan tinggi departemen Teknik elektro ITS terdapat dua jenis pembangkit tegangan tinggi yaitu AC dan DC. Untuk pengujian kali ini, digunakan pembangkit tegangan tinggi AC. Tegangan AC dipilih karena sinyal gelombang yang terdeteksi dan ditampilkan di *oscilloscope* mempunyai bentuk yang lebih baik daripada menggunakan tegangan DC. Bentuk sinyal gelombang dari tegangan DC mempunyai perbedaan yang sangat kecil saat diberikan kondisi normal, *pre-breakdown*, dan *breakdown* yang mana membuat sulit dalam pengamatan. Maka dari itu, pembangkit tegangan tinggi yang digunakan yaitu pembangkit tegangan tinggi AC yang terdapat di Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro ITS. Pembangkit tegangan tinggi AC terdiri dari beberapa komponen utama. Komponen pertama yaitu *High Voltage Transformer* yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Lalu besar kecilnya tegangan diatur oleh komponen bernama *Control Box* (SB). Komponen terakhir yaitu *Capacitive Voltage Transformer* sebagai pembagi tegangan agar dapat dibaca oleh alat ukur. Peralatan yang selanjutnya yaitu *grounding* sebagai peralatan untuk pentahan tegangan luaran. Pembangkitan tegangan tinggi AC ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan spesifikasi pembangkitan tegangan tinggi AC pada Tabel 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.3 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC

Tabel 3.1 Spesifikasi Pembangkitan Tegangan Tinggi AC

TH: <i>High Voltage Transformator</i>	80 kV rms, 5 kVa
CST: <i>Capacitor Divider</i>	80 kV rms, 400 kV impulse, 500pF
SB : <i>Control Box</i>	Type 273

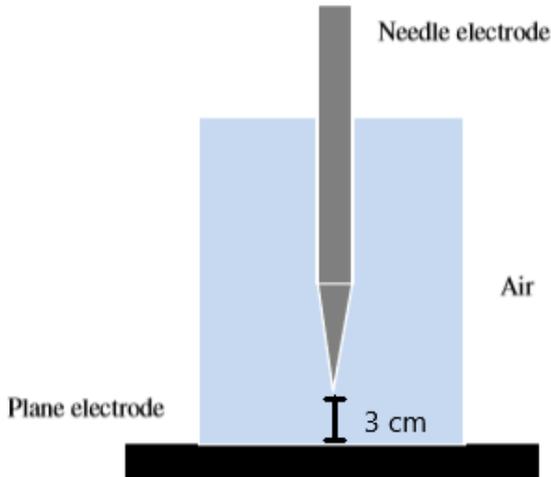
High Voltage Transformer mempunyai perbandingan tegangan sebesar 220V/80kV yang artinya jika tegangan *input* sebesar 220V, maka tegangan *output* dari transformator sebesar 80kV. Nilai tersebut didapat dengan mengatur *control box* melalui *Capacitive Voltage Transformer* (CVT). *Input* dari tegangan diatur *control box* dari angka dari 0 hingga menuju nilai tertentu.

3.3 Elektroda Uji

Elektroda uji yang digunakan adalah tipe jarum dan plat (*point to plane*). Dipilih elektroda dengan bentuk jarum dan plat karena memiliki variasi ketidakhomogenan medan yang baik[2] dan dikarenakan proses *pre-breakdown* baru akan terjadi pada tingkat ketidakteraturan medan yang lebih tinggi yang kemudian akan berpengaruh pada tingkat tegangan gagal [6]. Bahan elektroda terbuat dari bahan *stainless steel* yang mempunyai diameter jarum sebesar 0.1 mm. Jarak antar elektroda uji 3 cm. Elektroda uji yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan gambar skematik dari elektroda uji ditunjukkan pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.4 Elektroda Uji *Point to Plane*

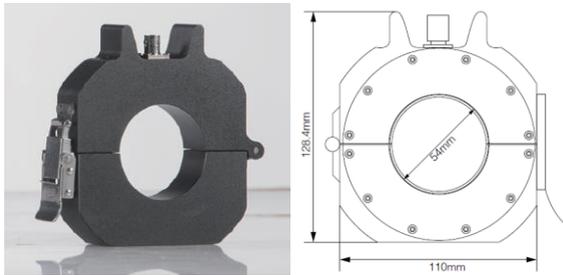


Gambar 3.5 Skematik elektroda *point to plane*

3.4 High Frequency Current Transformer (HFCT)

Sensor HFCT banyak digunakan untuk deteksi partial dan aplikasinya untuk lokasi dan identifikasi sumber partial discharge sangat efektif. Sensor HFCT juga disebut *Radio Frequency Current Traducer* (RFCT) terdiri dari kumparan induksi dengan inti feromagnetik yang cocok untuk pengukuran sinyal sementara sebagai partial discharge atau gangguan *noise* berbentuk pulsa. Secara umum, ketika pengukuran partial discharge *on-line* dilakukan pada instalasi HV, sensor HFCT dijepit di konduktor pentanahan jaringan pembumian. Untuk aplikasi ini, sensor dapat dimodelkan sebagai sistem di mana inputnya adalah arus pulsa partial discharge yang mengalir melaluinya dan outputnya adalah tegangan induksi yang diukur pada impedansi input dari alat ukur (biasanya 50Ω).

Pada pengujian ini, HFCT yang digunakan adalah iHFCT-54 yang diproduksi oleh pabrikan China yaitu *Innovit*. Untuk memvalidasi hasil dari gelombang yang didapatkan oleh antena dengan cara memastikan *ripple* yang ada pada kedua gelombang (antena dan HFCT) sama. Bentuk dari HFCT dapat dilihat pada Gambar 3.6 dengan spesifikasi pada Tabel 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.6 High Frequency Current Transformer (HFCT)

Tabel 3.2 Spesifikasi HFCT

Application	Indoor or Outdoor
Bandwidth	0.3MHz~100MHz
Sensitivity	I _{in} 10mA (P-P) , V _{out} ≥100 mV (P-P)
Load Impedance	50 Ω
Operating Temperature	-45°C~+80°C
Storage Temperature	-55°C~+90°C
Signal Termination	N-50
Protection Class	IP68
Hole dimension	Φ54
Weight	0.7kg
Dimensions	108.4mm x 110mm x 30mm

3.5 Oscilloscope

Oscilloscope adalah instrumen laboratorium yang biasa digunakan untuk menampilkan dan menganalisis bentuk gelombang sinyal elektronik. *Oscilloscope* tipikal dapat menampilkan bentuk gelombang arus bolak-balik (AC) atau arus searah (DC) yang memiliki frekuensi serendah kira-kira 1 hertz (Hz) atau setinggi beberapa megahertz (MHz). *Oscilloscope* yang baru dapat menampilkan sinyal yang memiliki frekuensi hingga beberapa ratus gigahertz (GHz).

Pengujian ini menggunakan *SHS1000 Series Handheld Digital Oscilloscope* dengan menyambungkan *channel* satu ke HFCT dan *channel* dua ke antena. Seiring tegangan pembangkit dinaikkan,

amplitudo gelombang yang ditampilkan juga naik. Saat terdeteksi adanya *partial discharge*, lalu gambar di stop lalu di simpan dalam ekstensi .CSV (*Comma Separated Value*) untuk kemudian di olah di Microsoft Excel dan Matlab. Gambar *oscilloscope* ditunjukkan pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Oscilloscope SHS 1000 Series Handheld Digital

3.6 Antena

Antena adalah sebuah alat yang digunakan untuk menangkap lalu mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Antena dirancang agar dapat mendeteksi fenomena *partial discharge* berupa sinyal elektromagnetik dalam rentang frekuensi tertentu. Frekuensi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan *partial discharge* sangat tergantung dengan insulasi antara elektroda. Berdasarkan referensi jurnal fenomena *partial discharge* terjadi pada rentang frekuensi 50-800 Mhz [7].

Pada pengujian kali ini, antena yang digunakan untuk mendeteksi *partial discharge* adalah antena model *loop*, *microstrip*, dan *monopole*.

3.6.1 Antena Loop

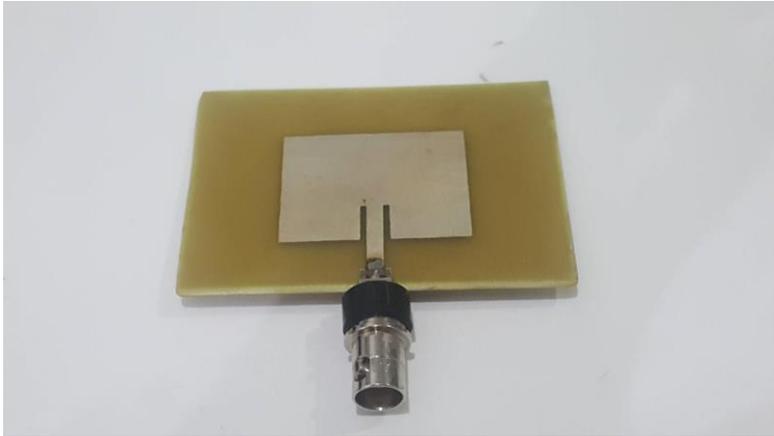
Desain dari antena loop yang digunakan untuk pengujian diambil berdasarkan referensi jurnal [8]. Antena loop didesain pada frekuensi 200 Mhz. Bahan yang digunakan untuk membuat antena yaitu tembaga dengan diameter 1 mm dengan panjang 15 cm. Diameter dari antena loop adalah 4,77 cm. Bentuk dari antena loop ditunjukkan pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Antena Loop

3.6.2 Antena Microstrip

Desain dari antena *microstrip* yang digunakan untuk pengujian diambil berdasarkan referensi penelitian sebelumnya [9]. Frekuensi kerja dari antena *microstrip* adalah 2,4 GHz. Bahan yang digunakan adalah PCB jenis FR-4 dengan tebal substrate 1,6 mm dan tebal patch 0,035 mm. Bahan tersebut dipilih karena mudah ditemukan di toko-toko elektronik. Bentuk dari antena microstrip ditunjukkan pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Antena *Microstrip*

3.6.3 Antena Monopole

Desain dari antena *monopole* yang digunakan untuk pengujian diambil berdasarkan referensi jurnal [10]. Antena *monopole* dipilih karena mempunyai performa yang baik meskipun di letakkan pada posisi horizontal ataupun vertical. Antena *monopole* dibuat dari tembaga berdiameter 1 mm dengan panjang 10 cm. bentuk dari antena *monopole* ditunjukkan pada Gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10 Antena *Monopole*

3.7 Teknik Akusisi Data

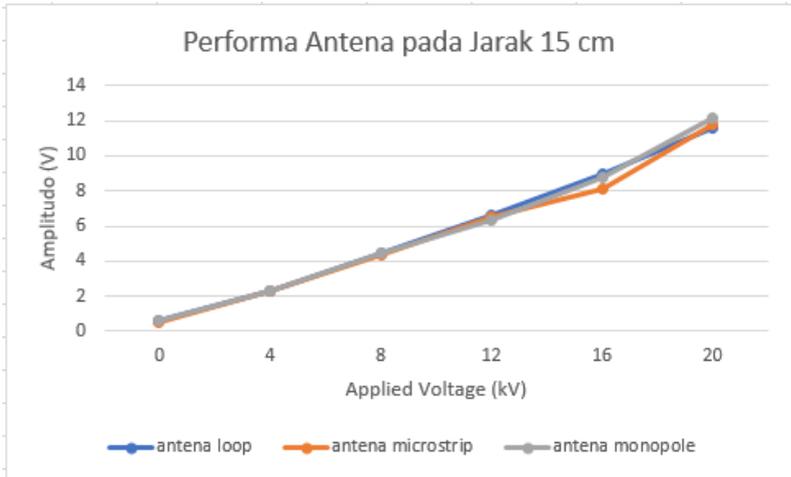
Proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro. Pengambilan data sinyal tegangan dari osiloskop membutuhkan pengolahan dengan cara sebagai berikut:

1. Pengujian menggunakan tiga antena yang berbeda yaitu antena *loop*, antena *microstrip*, dan antena *monopole*. Tiap antena juga diberikan jarak yang berbeda terhadap elektroda uji yaitu 15 cm, 25 cm, dan 35 cm untuk dibandingkan hasilnya.
2. Data yang diambil yaitu saat kondisi normal dan *pre-breakdown*.
3. Data yang sudah didapatkan dari *osilloscope*, disimpan dalam ekstensi *.csv* (*comma separation value*) agar file dapat dibuka dan diedit di Microsoft Excel.
4. Data tersebut dikonversi dari Microsoft Excel menjadi bentuk grafik dengan menggunakan software MATLAB agar dapat dilihat bentuk gelombang pada kondisi normal dan kondisi saat ada *partial discharge*.
5. Gelombang *partial discharge* diolah menjadi pemodelan PRPD (*Phase Resolved Partial Discharge*) secara manual dengan menentukan nilai *noise* dengan software Microsoft Excel.
6. Nilai PRPD yang sudah didapatkan ditampilkan menjadi sebuah grafik gelombang sinus dengan titik-titik PRPD.

3.8 Uji Performansi Antena

Pengujian performansi antena dilakukan untuk mengetahui kelayakan antena untuk digunakan dalam penelitian ini. Dalam pengujian ini masing-masing antena yaitu *antena loop*, *microstrip*, dan *monopole* diletakkan pada jarak 15 cm elektroda uji untuk mengetahui sensitivitas pada tiap antena.

Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan sampai pre breakdown lalu data yang di dapatkan akan dijadikan grafik kenaikan tegangan amplitudo pada setiap antena. Hasil grafik dari pengujian performa antena ditunjukkan pada Gambar 3.11 dengan data kenaikan amplitudo pada Tabel 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.11 Performa antena pada jarak 15 cm

Tabel 3.3 Nilai Amplitudo Antena pada Jarak 15 cm

Amplitudo (V)		Antena		
		Loop	Microstrip	Monopole
Applied Voltage (kV)	0	0.56 V	0.544 V	0.568 V
	4	2.24 V	2.24 V	2.24 V
	8	4.48 V	4.4 V	4.48 V
	12	6.64 V	6.48 V	6.32 V
	16	9 V	8.08 V	8.8 V
	20	11.6 V	11.8 V	12.2 V

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

ANALISIS DETEKSI *PARTIAL DISCHARGE* PADA ISOLASI UDARA DENGAN ANTENA

4.1 Fenomena *partial discharge* pada isolasi udara

Tugas akhir ini membahas tentang pengaruh jarak terhadap performansi antena. Pengujian dimulai dengan membuat tiga macam antena yaitu *monopole*, *microstrip*, dan *loop*. Antena digunakan untuk mendeteksi *partial discharge* pada isolasi udara. Proses pengujian menggunakan pembangkit tegangan tinggi AC serta konfigurasi elektroda plat dan elektroda jarum. Pengambilan data sinyal frekuensi radio menggunakan antena yang sudah terhubung dengan *oscilloscope* dan dibandingkan dengan data yang diambil dari dari HFCT yang terhubung juga ke *oscilloscope*.

Proses pengambilan data hanya pada kondisi normal dan *pre-breakdown*. Kondisi normal yaitu pada saat tegangan mula akan dibangkitkan hingga keadaan saat sebelum terdengar bunyi desis. Kondisi *pre-breakdown* ditandai dengan adanya bunyi desis yang terdengar dengan jelas, besarnya tegangan pada kondisi ini digunakan sebagai *inception voltage*.

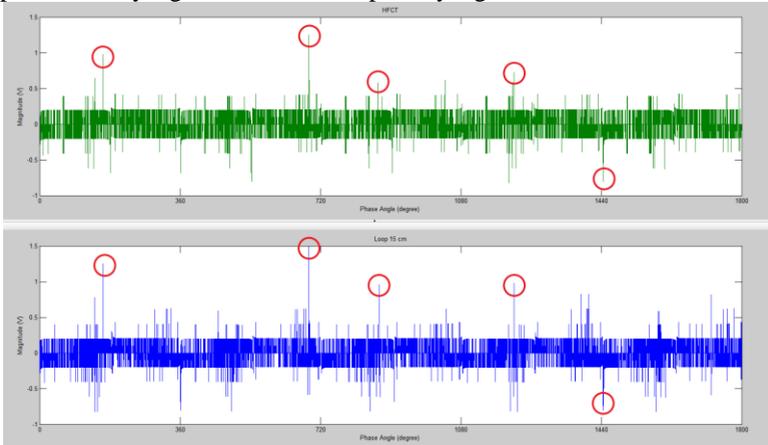
Penggunaan 3 bentuk antena yang berbeda bertujuan untuk melihat perbedaan gelombang *partial discharge* yang ditangkap oleh tiap antena. Jarak antena terhadap elektroda uji pada tiap pengambilan data akan divariasikan juga yaitu 15 cm, 25 cm, dan 35 cm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui jarak kerja optimal pada tiap antena, yang mana pasti berbeda-beda karena tiap antena mempunyai bentuk yang berbeda.

4.2 Perbandingan Bentuk Gelombang Antena dan HFCT sebagai Validasi Data Fenomena *Partial Discharge*

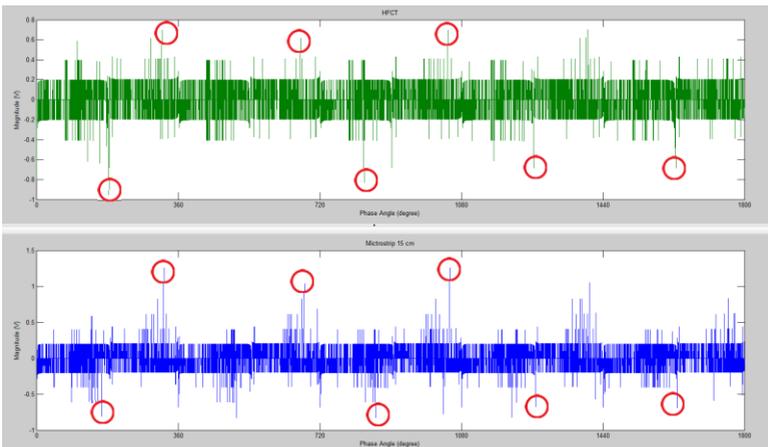
Pada pengujian kali ini dilakukan perbandingan bentuk gelombang antara antena dan HFCT. Hal ini didasari *standard* IEC 60270, metode yang digunakan untuk melakukan deteksi *partial discharge* salah satunya dengan menggunakan HFCT sebagai validasi data. Perbandingan antena yang menggunakan 3 macam antena dan 3 variasi jarak juga. Antena tersebut adalah *loop*, *microstrip*, dan *monopole*. Sedangkan untuk variasi jaraknya yaitu 15 cm, 25 cm, dan 35 cm. Data diambil pada tegangan sumber sebesar 18 kV dengan jarak elektroda uji runcing-datar sebesar 3 cm. Gelombang yang ditangkap antena akan dibandingkan dengan gelombang yang ditangkap oleh HFCT, dimana jika antena mendeteksi

adanya fenomena *partial discharge* maka normalnya HFCT juga dapat mendeteksi fenomena *partial discharge* tersebut.

Pada Gambar 4.1 pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *loop*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 15 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fasa yang sama.



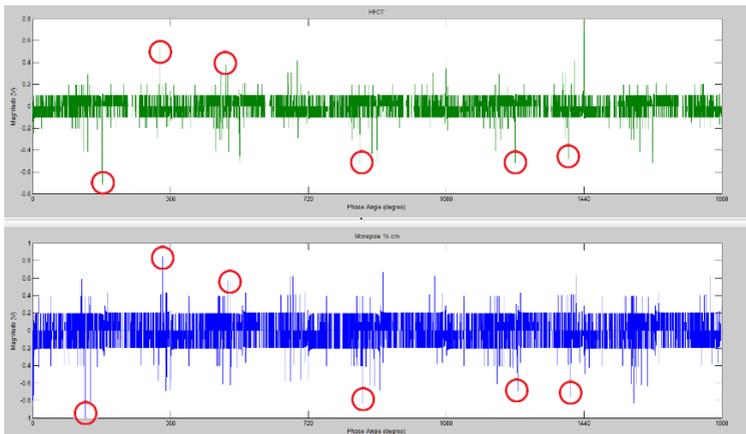
Gambar 4.1 Gelombang HFCT dan Antena *Loop* dengan Jarak 15 cm



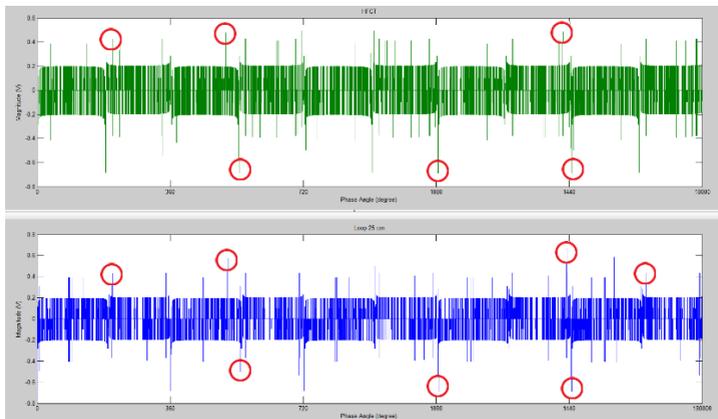
Gambar 4.2 Gelombang HFCT dan Antena *Mirostrip* dengan Jarak 15 cm

Pada Gambar 4.2 pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *microstrip*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 15 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fase yang sama.

Pada Gambar 4.3 pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *monopole*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 15 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fase yang sama.

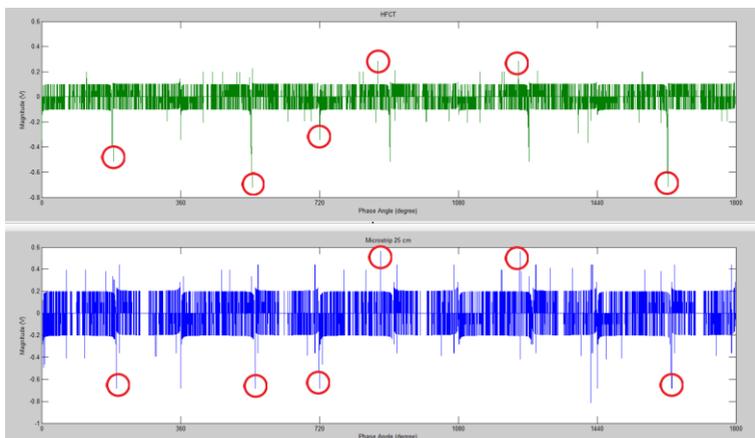


Gambar 4.3 Gelombang HFCT dan Antena *Monopole* dengan Jarak 15 cm

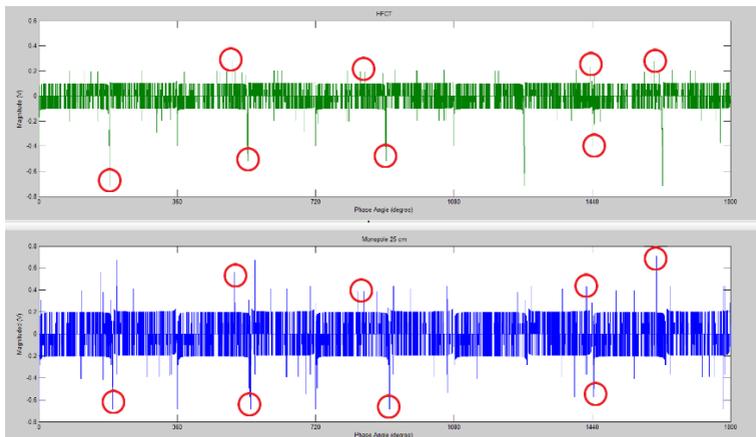


Gambar 4.4 Gelombang HFCT dan Antena *Loop* dengan Jarak 25 cm

Pada Gambar 4.4, pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *loop*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 25 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fasa yang sama.



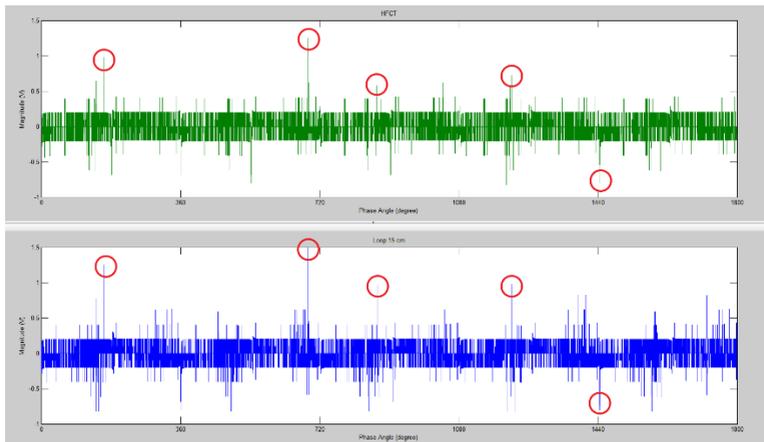
Gambar 4.5 Gelombang HFCT dan Antena *Microstrip* dengan Jarak 25 cm



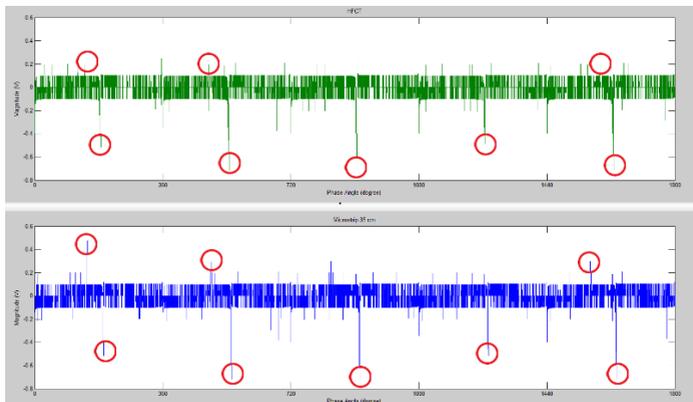
Gambar 4.6 Gelombang HFCT dan Antena *Monopole* dengan Jarak 25 cm

Pada Gambar 4.5, pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *microstrip*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 25 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fase yang sama.

Pada Gambar 4.6, pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *monopole*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 25 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fase yang sama.



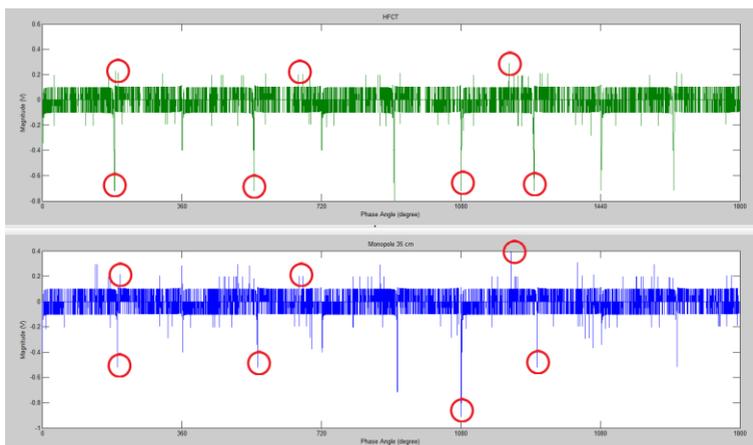
Gambar 4.7 Gelombang HFCT dan Antena *Loop* dengan Jarak 35 cm



Gambar 4.8 Gelombang HFCT dan Antena *Microstrip* dengan Jarak 35 cm

Pada Gambar 4.7, pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *loop*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 35 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fasa yang sama.

Pada Gambar 4.8 pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *microstrip*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 35 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fasa yang sama.



Gambar 4.9 Gelombang HFCT dan Antena *Monopole* dengan Jarak 35 cm

Pada Gambar 4.9, pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna *monopole*. Jarak antenna terhadap elektroda uji yaitu 35 cm. Dapat dilihat pada gelombang yang ditangkap antenna dan HFCT memiliki beberapa posisi *noise* yang terletak di sudut fasa yang sama.

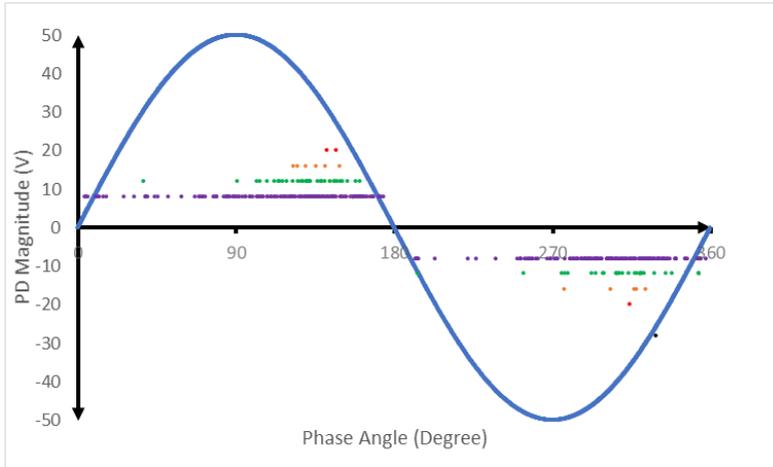
4.3 Analisa PRPD (Phase Resolved Partial Discharge)

Analisa PRPD (*Phase Resolved Partial Discharge*) adalah sebuah metode yang mengukur dan merekam sinyal dari *partial discharge* pada siklus *fasa* tegangan yang berbeda. Analisa PRPD digunakan untuk menghitung jumlah *partial discharge* yang terjadi selama periode waktu tertentu. Analisa dilakukan dengan cara merepresentasikan bentuk pulsa menjadi bentuk titik sehingga memudahkan dalam menganalisa. Analisa PRPD hanya dapat dilakukan saat kondisi *pre-breakdown*.

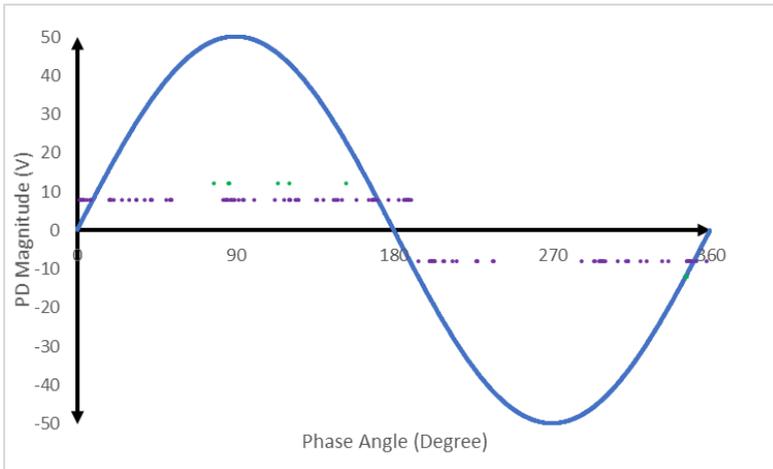
4.3.1 Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena Loop dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji

Ketika tegangan *applied* pada elektroda runcing melebihi kekuatan *breakdown* udara, ionisasi disekitar elektroda runcing terjadi. *Streamer* positif dan *streamer* negatif dibentuk berdasarkan polaritas tegangan *applied*. *Streamer-streamer* tersebut merupakan *corona discharge*. *Corona discharge* tetap terjadi hingga *transient activity* berhenti dimana discharge tersebut menjadi self sustained dan cahaya muncul mendekati anoda [11]. Ketika tegangan *applied* meningkat, jumlah *streamer* berkembang lebih banyak terjadi dan saluran *streamer* dapat tumbuh lebih lama. Medan listrik yang mengelilingi ujung elektroda runcing meningkat seiring amplitudo tegangan *applied* sehingga memungkinkan terjadinya lebih banyak *partial discharge*. Pulsa *partial discharge* hasil pengujian direpresentasikan dengan pola ϕ -q-n. Simbol ϕ sebagai sudut *phase* dimana *partial discharge* terjadi, q sebagai muatan *partial discharge*, dan n sebagai jumlah pulsa *partial discharge*.

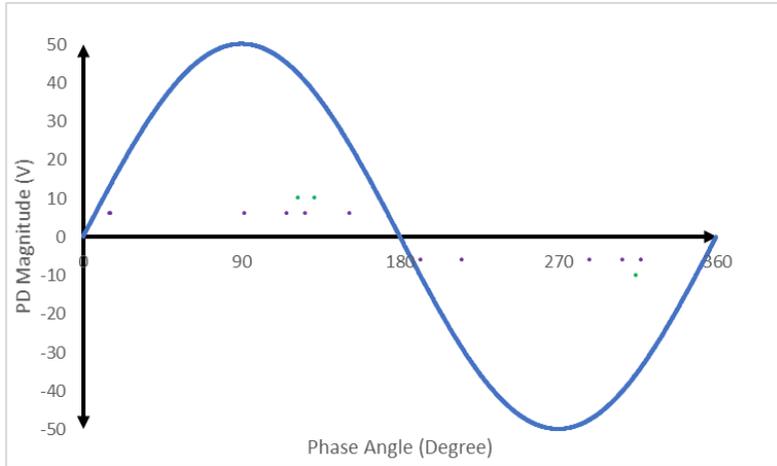
Pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12 menunjukkan pola *partial discharge* yang ditangkap oleh antena loop pada udara dengan jarak antena 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari elektroda. Tegangan *applied* 18 kV dan jarak antar elektroda adalah 3 cm. sumbu X menyatakan sudut *phase* dan sumbu Y menyatakan besaran *partial discharge*. Pola ini didapatkan dari 5 *cycles* dimana tiap titik merepresentasikan pulsa *partial discharge*. Pada gambar A *corona discharge* siklus positif terjadi pada sudut *phase* $3,6^\circ$ sampai 174° . Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 192° Sampai 357° . Total PRPD pada gambar A sebanyak 313 titik. Pada gambar B *corona discharge* siklus positif terjadi pada sudut *phase* 1° sampai 176° . Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 182° Sampai 357° . Total PRPD pada gambar B sebanyak 142 titik. Pada gambar C *corona discharge* siklus positif terjadi pada sudut *phase* 14° sampai 151° Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 191° Sampai 317° . Total PRPD pada gambar C sebanyak 33 titik.



Gambar 4.10 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Loop* 15 cm



Gambar 4.11 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Loop* 25 cm



Gambar 4.12 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena Loop 35 cm

Pada Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antena *loop* terhadap elektroda uji maka jumlah PRPD semakin sedikit. Sebaliknya jika jarak antena terhadap elektroda uji makin dekat maka jumlah PRPD semakin banyak. Jumlah titik PRPD ditampilkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah Titik PRPD pada Antena Loop

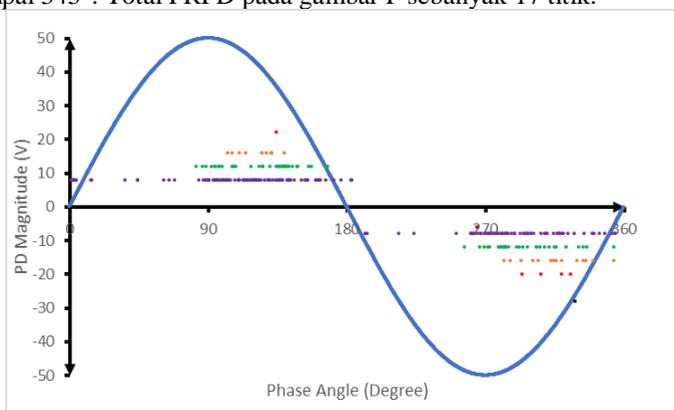
Jarak antena (cm)	Jumlah titik	Magnitude tertinggi (V)
15 cm	313	-28
25 cm	142	-12
35 cm	15	-10

4.3.2 Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena Microstrip dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji

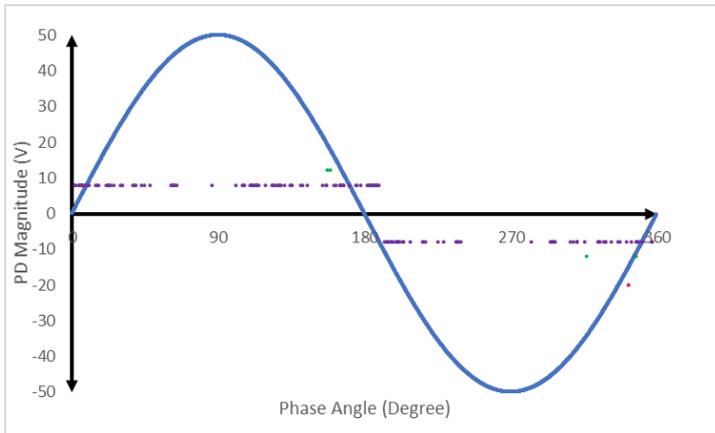
Ketika tegangan applied pada elektroda runcing melebihi kekuatan *breakdown* udara, ionisasi disekitar elektroda runcing terjadi. *Streamer* positif dan *streamer* negatif dibentuk berdasarkan polaritas tegangan *applied*. *Streamer-streamer* tersebut merupakan *corona discharge*. *Corona discharge* tetap terjadi hingga *transient activity* berhenti dimana *discharge* tersebut menjadi *self sustained* dan cahaya

muncul mendekati anoda [11]. Ketika tegangan *applied* meningkat, jumlah *streamer* berkembang lebih banyak terjadi dan saluran *streamer* dapat tumbuh lebih lama. Medan listrik yang mengelilingi ujung elektroda runcing meningkat seiring *amplitude* tegangan *applied* sehingga memungkinkan terjadinya lebih banyak *partial discharge*. Pulsa *partial discharge* hasil pengujian direpresentasikan dengan pola ϕ -q-n. Simbol ϕ sebagai sudut *phase* dimana *partial discharge* terjadi, q sebagai muatan *partial discharge*, dan n sebagai jumlah pulsa *partial discharge*.

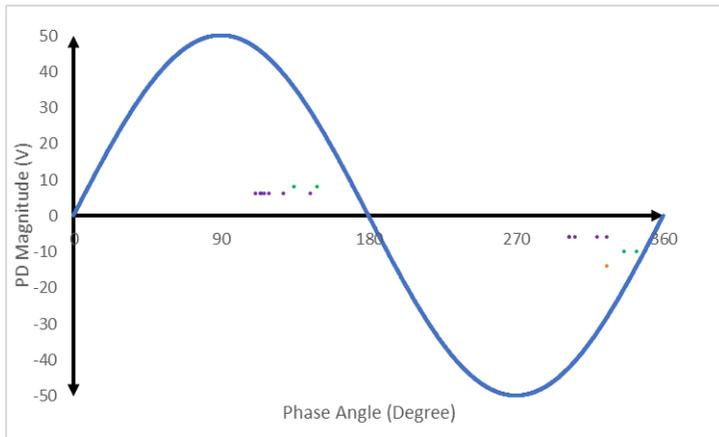
Pada Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15 menunjukkan pola *partial discharge* yang ditangkap oleh antenna *microstrip* pada udara dengan jarak antenna 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari elektroda. Tegangan *applied* 18 kV dan jarak antar elektroda adalah 3 cm. sumbu X menyatakan sudut phasa dan sumbu Y menyatakan besaran *partial discharge*. Pola ini didapatkan dari 5 *cycles* dimana tiap titik merepresentasikan pulsa *partial discharge*. Pada gambar D corona discharge siklus positif terjadi pada sudut *phase* 0,8° sampai 176° Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 182° Sampai 354°. Total PRPD pada gambar D sebanyak 271 titik. Pada gambar E corona discharge siklus positif terjadi pada sudut *phase* 1,7° sampai 177°. Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 181° Sampai 157°. Total PRPD pada gambar E sebanyak 181 titik. Pada gambar F corona discharge siklus positif terjadi pada sudut *phase* 111° sampai 148°. Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 302° Sampai 343°. Total PRPD pada gambar F sebanyak 17 titik.



Gambar 4.13 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Microstrip* 15 cm



Gambar 4.14 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Microstrip* 25 cm



Gambar 4.15 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Microstrip* 35 cm

Pada Gambar 4.13, Gambar 4.14, Gambar 4.15, dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antena *microstrip* terhadap elektroda uji maka jumlah PRPD akan semakin sedikit. Sebaliknya jika jarak antena terhadap elektroda uji makin dekat maka jumlah PRPD

semakin banyak. Jumlah titik PRPD ditampilkan pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Jumlah Titik PRPD pada Antena *Microstrip*

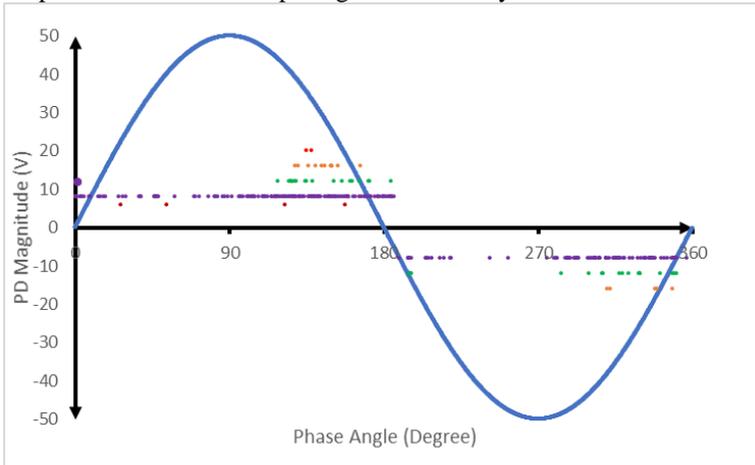
Jarak antena (cm)	Jumlah titik	Magnitude tertinggi (V)
15 cm	271	-28
25 cm	181	-20
35 cm	17	-14

4.3.3 Analisa PRD pada Isolasi Udara oleh Antena *Monopole* dengan Jarak 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari Elektroda Uji

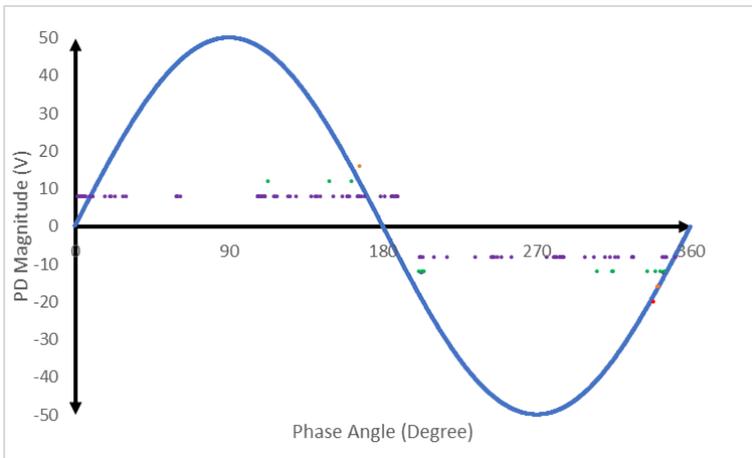
Ketika tegangan *applied* pada elektroda runcing melebihi kekuatan *breakdown* udara, ionisasi disekitar elektroda runcing terjadi. *Streamer* positif dan *streamer* negatif dibentuk berdasarkan polaritas tegangan *applied*. *Streamer-streamer* tersebut merupakan *corona discharge*. *Corona discharge* tetap terjadi hingga *transient activity* berhenti dimana discharge tersebut menjadi *self sustained* dan cahaya muncul mendekati anoda [11]. Ketika tegangan *applied* meningkat, jumlah *streamer* berkembang lebih banyak terjadi dan saluran *streamer* dapat tumbuh lebih lama. Medan listrik yang mengelilingi ujung elektroda runcing meningkat seiring amplitudo tegangan *applied* sehingga memungkinkan terjadinya lebih banyak *partial discharge*. Pulsa *partial discharge* hasil pengujian direpresentasikan dengan pola ϕ -q-n. Simbol ϕ sebagai sudut *phase* dimana *partial discharge* terjadi, q sebagai muatan *partial discharge*, dan n sebagai jumlah pulsa *partial discharge*.

Pada Gambar 4.16, Gambar 4.17, Gambar 4.18 menunjukkan pola *partial discharge* yang ditangkap oleh antena *monopole* pada udara dengan jarak antena 15 cm, 25 cm, dan 35 cm dari elektroda. Tegangan *applied* 18 kV dan jarak antar elektroda adalah 3 cm. sumbu X menyatakan sudut phasa dan sumbu Y menyatakan besaran *partial discharge*. Pola ini didapatkan dari 5 *cycles* dimana tiap titik merepresentasikan pulsa *partial discharge*. Pada gambar G corona discharge siklus positif terjadi pada sudut *phase* 0,2° sampai 179°. Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 180° Sampai 356°. Total PRPD pada gambar G sebanyak 275 titik. Pada gambar H *corona discharge* siklus positif terjadi pada *sudut phase* 1,1° sampai 178°. Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada *sudut phase* 180° Sampai 350°. Total PRPD pada gambar H sebanyak 130 titik. Pada gambar I

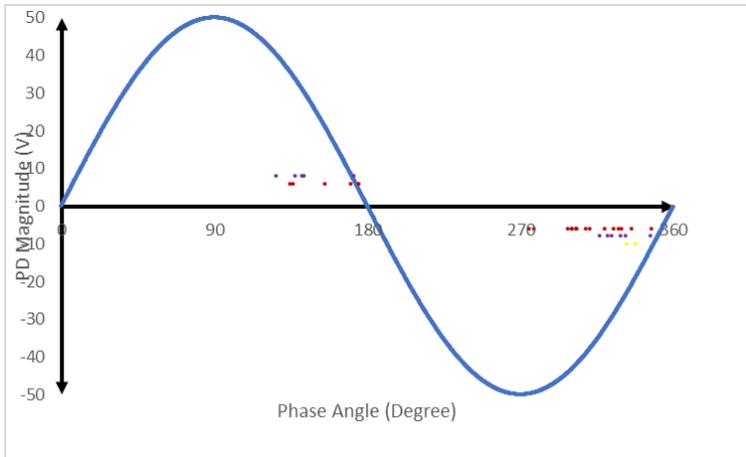
corona discharge siklus positif terjadi pada sudut *phase* 126° sampai 174° . Sedangkan pada siklus negatif terjadi pada sudut *phase* 275° Sampai 347° . Total PRPD pada gambar I sebanyak 33 titik.



Gambar 4.16 Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena *Monopole* 15 cm



Gambar 4.17 Pola ϕ - q - n pada Jarak Antena *Monopole* 25 cm



Gambar 4.18 Pola ϕ -q-n pada Jarak Antena *Monopole* 35 cm

Pada Gambar 4.16, Gambar 4.17, Gambar 4.18, dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak antena terhadap elektroda uji maka jumlah PRPD akan semakin sedikit. Sebaliknya jika jarak antena terhadap elektroda uji makin dekat maka jumlah PRPD semakin banyak. Jumlah titik PRPD ditampilkan pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Jumlah Titik PRPD pada Antena *Monopole*

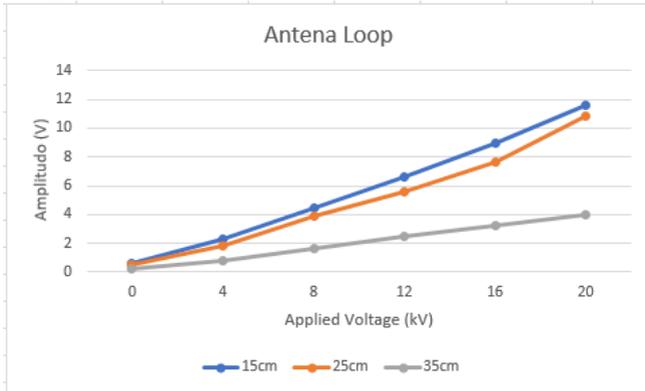
Jarak antena	Jumlah titik	Magnitude tertinggi (V)
15 cm	275	20
25 cm	130	-12
35 cm	33	-10

4.4 Analisa Amplitudo Tegangan Antena Terhadap Jarak

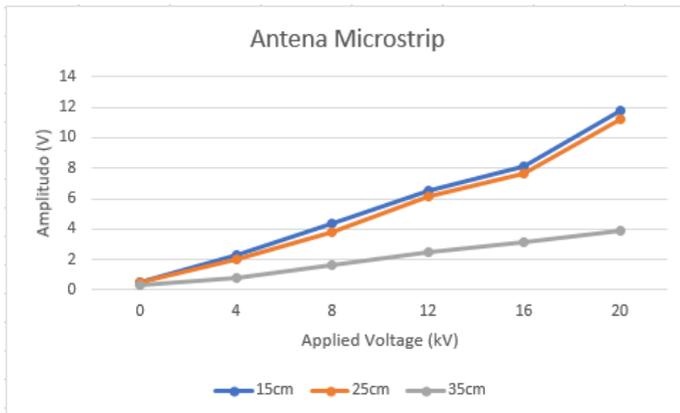
Partial Discharge (PD) dapat diketahui melalui amplitudo tegangan yang diterima oleh antena. Pengujian dilakukan menggunakan tiga antena yang berbeda yaitu antena *loop*, antena *microstrip*, dan antena *monopole*. Jarak antena terhadap elektroda juga dibedakan yaitu 15 cm, 25 cm, dan 35 cm. Hal ini bertujuan untuk melihat perbedaan *trend* kenaikan amplitudo antena pada tiap jarak.

Pengujian dilakukan dengan cara menaikkan tegangan pembangkit tegangan tinggi AC secara perlahan, sampai terdengar bunyi desis yang menandakan *pre breakdown*. Pengambilan data dilakukan setiap 4 kV. Setelah menyimpan data dengan format .csv, data diolah

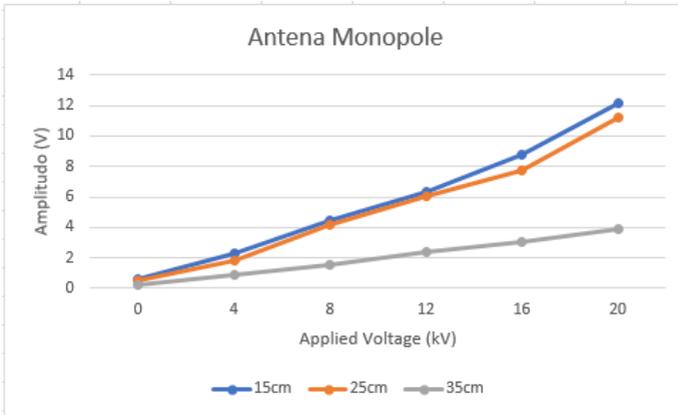
melalui Ms. Excel untuk mengetahui nilai amplitudo tertinggi yang ditangkap tiap antenna pada tiap jarak. Grafik perbandingan pembacaan amplitudo tiap antenna terhadap jarak dapat dilihat pada Gambar 4.19, Gambar 4.20, Gambar 4.21 dibawah ini



Gambar 4.19 Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena *Loop* pada Jarak yang Berbeda



Gambar 4.20 Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena *Microstrip* pada Jarak yang Berbeda



Gambar 4.21 Grafik Kenaikan Nilai Amplitudo Antena *Monopole* pada Jarak yang Berbeda

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa semakin dekat antenna terhadap elektroda uji maka kenaikan amplitudo tegangan yang ditangkap antenna semakin besar. Sebaliknya semakin jauh antenna terhadap elektroda uji maka kenaikan amplitudo tegangan yang ditangkap antenna semakin kecil. Hal tersebut disebabkan medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh elektroda uji akan lebih banyak ditangkap antenna jika jaraknya dekat dengan sumber *partial discharge*. Pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 ditunjukkan nilai amplitudo pada tiap antenna terhadap jarak pada elektroda uji.

Tabel 4.4 Nilai Amplitudo pada Antena *Loop*

Amplitudo (V)		Jarak Antena (cm)		
		15	25	35
<i>Applied Voltage</i> (kV)	0	0.56 V	0.488 V	0.252 V
	4	2.24 V	1.86 V	0.776 V
	8	4.48 V	3.88 V	1.6 V
	12	6.64 V	5.6 V	2.52 V
	16	9 V	7.6 V	3.24 V
	20	11.6 V	10.8 V	4 V

Tabel 4.5 Nilai Amplitudo pada Antena *Microstrip*

Amplitudo (V)		Jarak Antena (cm)		
		15	25	35
<i>Applied Voltage</i> (kV)	0	0.544 V	0.504 V	0.272 V
	4	2.24 V	1.98 V	0.768 V
	8	4.4 V	3.76 V	1.58 V
	12	6.48 V	6.16 V	2.44 V
	16	8.08 V	7.68 V	3.16 V
	20	11.8 V	11.2 V	3.92 V

Tabel 4.6 Nilai Amplitudo pada Antena *Monopole*

Amplitudo (V)		Jarak Antena (cm)		
		15	25	35
<i>Applied Voltage</i> (kV)	0	0.568 V	0.512 V	0.248 V
	4	2.24 V	1.84 V	0.832 V
	8	4.48 V	4.12 V	1.54 V
	12	6.32 V	6.08 V	2.36 V
	16	8.8 V	7.76 V	3 V
	20	12.2 V	11.2 V	3.84 V

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

- a. Antena yang digunakan dalam pengujian ini yaitu antena *loop*, *microstrip*, dan *monopole* dapat mendeteksi adanya *partial discharge* pada isolasi udara dibuktikan dengan validasi dengan HFCT dimana letak *noise* sangat mirip satu sama lain.
- b. Jarak antena terhadap elektroda uji atau sumber *partial discharge* sangat mempengaruhi performa dari antena tersebut dibuktikan dengan analisa PRPD dimana dengan jarak yang paling dekat jumlah titik PRPD sangat banyak tapi saat jarak dijauhkan jumlah titik PRPD semakin sedikit.
- c. Nilai kenaikan amplitudo antena makin besar saat antena berada dekat dengan elektroda uji, sebaliknya nilai kenaikan amplitudo antena makin kecil saat antena berada jauh dengan elektroda uji.
- d. Antena bekerja dengan performa terbaik saat jarak antena dekat dengan elektroda uji, yaitu pada jarak 15 cm. Hal ini dibuktikan dengan jumlah titik PRPD pada jarak 15 cm yaitu 313 titik untuk antena *loop*, 271 untuk antena *microstrip*, dan 275 untuk antena *monopole*.

5.2 Saran

Tugas Akhir selanjutnya mempunyai beberapa saran, sebagai berikut:

- a. Kenaikan tegangan mempengaruhi *partial discharge*, oleh karena itu pengaruh kenaikan tegangan terhadap PRPD dapat dilakukan dimasa mendatang.
- b. Penggunaan isolasi cair dapat digunakan sebagai bahan isolasi penelitian selanjutnya untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap performa antena.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Jee Keen Raymond, H. A. Illias, and A. H. Abu Bakar, "Classification of Partial Discharge Measured under Different Levels of *Noise* Contamination," PLOS ONE, vol. 12, no. 1, p. e0170111, Jan. 2017.
- [2] I. M. Y. Negara, Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [3] R. Alkadi et al., "Smart antenna-based partial discharge detection and classification system," 2016, pp. 1–4.
- [4] S. Tenbohlen, D. Denissov, S. Hoek, and S. M. Markalous, "Partial discharge measurement in the ultra high frequency (UHF) range," IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 15, no. 6, pp. 1544–1552, Dec. 2008.
- [5] C. A. Balanis, Antena theory: analysis and design, 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley, 2005.
- [6] MS Naidu., 1995. "HighVoltage Engineering: Second Edition"., McGraw-Hill,
- [7] H. Mohamed et al., "Partial discharge detection using low cost RTL-SDR model for wideband spectrum sensing," 2016, pp. 1–5.
- [8] Fakhru Rozi, Umar Khayam, "Design of Circle Shaped Loop Antena as Partial Discharge Sensor", International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, pp. 349-352, Bali, November 24-25, 2014.
- [9] Felayati, Basith Akbar, "Klasifikasi Pola Partial Disharge pada Isolasi Cair dan Isolasi Udara Dengan Menggunakan Antena", 2018
- [10] Robles, G.; Martínez-Tarifa, J.M.; Rojas-Moreno, M.V.; Albarracín, R.; Ardila-Rey, J., "Antena selection and frequency response study for UHF detection of partial discharges", 2012
- [11] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, High voltage engineering: fundamentals, 2. ed., reprint. Amsterdam: Newnes, Elsevier, 2008.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

RIWAYAT HIDUP



Adhastian Naufal Rizaldy. Lahir di kota Gresik, 9 November 1995. Penulis memulai jenjang pendidikannya di SD Muhammadiyah GKB dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2007. Setelah itu penulis melanjutkan studi di SMP YIMI Gresik hingga tahun 2010. Penulis masuk SMA Negeri 1 Gresik dan lulus tahun 2013. Pada tahun 2013, penulis masuk ke jurusan D3 Teknik Elektro *Computer Control* dan dapat menyelesaikan studi hingga tahun 2016. Kemudian penulis

melanjutkan studi program Sarjana Lintas Jalur Teknik Elektro bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui naufalical@gmail.com.