

**ANALISIS KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* MENGGUNAKAN
ANTENA MONOPOLE**

(Skripsi)

Oleh:

Defva Erlangga Yudha Pratama

2015031052



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2025

ABSTRACT

ANALYSIS OF PARTIAL DISCHARGE CHARACTERISTICS USING MONOPOLE ANTENNA

By

Defva Erlangga Yudha Pratama

Partial discharge (PD) is a phenomenon of localized partial electrical discharge that occurs within high-voltage electrical insulation systems, which can damage equipment. Continuous occurrence of partial discharge in an insulating material may lead to dielectric breakdown due to the electric field stress around the PD source.

This study analyzes the characteristics of partial discharge from three types of sources: surface discharge, void discharge, and floating particle discharge, in two types of insulating media: air and oil. The analysis focuses on PD signal characteristics based on parameters such as magnitude, energy, and phase angle distribution.

The test results show that the PD characteristics in air and oil insulation media differ significantly, with the magnitude and energy values in air being higher than those in oil. The phase angle distribution analysis indicates that in surface discharge, the positive polarity has a wider phase range than the negative polarity. Conversely, in void discharge, the negative polarity is more dominant. Meanwhile, floating particle discharge shows a varied phase distribution pattern but tends to occur more frequently at negative polarity.

Keywords : Partial discharge, Insulating Medium, Magnitude, Energy, Phase Angle

ABSTRAK

ANALISIS KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* MENGGUNAKAN ANTENA *MONOPOLE*

Oleh

Defva Erlangga Yudha Pratama

Partial discharge (PD) merupakan fenomena pelepasan muatan listrik sebagian yang terjadi secara lokal pada sistem isolasi listrik bertegangan tinggi yang dapat merusak peralatan. *Partial discharge* yang terjadi terus menerus pada suatu bahan isolasi dapat mengakibatkan tegangan tembus (*breakdown*), hal ini terjadi karena adanya tekanan medan magnet pada sumber *partial discharge*.

Analisis karakteristik *partial discharge* dilakukan pada tiga jenis sumber *partial discharge*, yaitu *surface discharge*, *void discharge* dan *floating particle discharge* pada medium isolasi udara dan minyak. Pengujian dilakukan untuk menganalisis karakteristik masing masing sumber *partial discharge* berdasarkan parameter *magnitudo*, *energy*, serta distribusi sudut *phase*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa karakteristik *partial discharge* pada medium udara dan minyak memiliki perbedaan signifikan, dimana nilai *magnitudo* dan *energy* pada medium udara lebih tinggi dibandingkan dengan medium minyak. Analisis distribusi sudut *phase* menunjukkan bahwa pada *surface discharge*, polaritas positif memiliki lebar *phase* yang lebih besar daripada polaritas negatif. Sebaliknya, pada *void discharge*, polaritas negatif lebih besar. Sementara itu, *floating particle discharge* menunjukkan pola distribusi *phase* yang bervariasi namun lebih sering terjadi pada polaritas negatif

Kata kunci : *Partial discharge*, Medium Isolasi, *Magnitudo*, *Energy*, Sudut *Phase*

**ANALISIS KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* MENGGUNAKAN
ANTENA MONOPOLE**

Oleh:

Defva Erlangga Yudha Pratama

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

Judul Skripsi : Analisis Karakteristik *Partial Discharge* Menggunakan Antena Monopole

Nama Mahasiswa : Defva Erlangga Yudha Pratama

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015031052

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T
NIP. 19711130 199903 1 003

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T
NIP. 19740422 200012 2 000

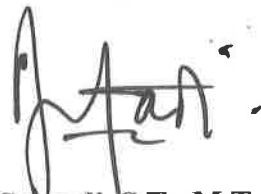
2. Mengetahui

Ketua Jurusan



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi



Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Herman H. Sianaga, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**



Penguji : **Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Drs Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Juni 2025**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2025



Defva Erlangga Yudha Pratama

NPM. 2015031052

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Desa Tanjung Raya pada tanggal 19 November 2001 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, putra dari pasangan Bapak Andi Sumitra dan Ibu Risnawati.

Riwayat pendidikan formal yang penulis tempuh dan selesaikan adalah di SD N 17 Rambang pada tahun 2008 - 2014, SMPN 7 Prabumulih pada tahun 2014 - 2017 dan SMKN 2 Prabumulih pada tahun 2017 hingga 2020.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung periode 2021, selain itu penulis juga aktif berorganisasi pada mahasiswa pencinta alam tingkat Universitas (MAPALA UNILA) sebagai koordinator petualangan alam bebas. Pada tahun 2023 – 2024 penulis menjadi asisten di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi. Selain proses perkuliahan, penulis juga pernah melakukan kerja praktik PT. Syntek Otomasi Indonesia, Jakarta Selatan yang membahas topik tentang “Analisis Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ON GRID 275 kWp (Studi Kasus : PT. MEIJI FOOD INDONESIA)”.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa dan
Maha Besar atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta teriring shalawat Nabi
Muhammad SAW

Kupersembahkan Karya ini kepada
Ayah dan Ibu Tercinta, Sang Pohon Kehidupan

ANDI SUMITRA DAN RISNAWATI

Seorang Istri Teristimewa, Sang Buah Kehidupan

Elisa Imandasari

Putri Kecil Tercantikku, Sang Bunga Abadi

Tiara Callista Edelweis

Adik Adik Tersayangku,

Nicholas Dimas Bagas Kara

Gusti Anggun Ratu Ranizah

“Dosen Pembimbing dan Penguji serta Civitas Akademik Jurusan Teknik Elektro,
terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat
banyak selama perkuliahan serta pengerjaan skripsi ini”

“Tak lupa kepada teman-teman Angkatan 2020 serta Keluarga Besar Mapala
Unila terimakasih telah menemani, membantu, dan pembelajaran kepada saya
selama duduk di bangku perkuliahan.”

MOTTO

**"Yaaaaa, Sepertinya Menyelesaikan Apa Yang Di Mulai adalah Kewajiban
Dan Pada Intinya Yang Pelan Juga Punya Tujuan."**

**"Melangkahlah Orang Orang Seperti Kita, Tidak Pantas Mati Di Tempat
Tidur."**

(Sok Hok Gie)

**"Tempat Terbaik Untuk Pulang Adalah Rumah. Cinta Terbaik Adalah
Keluarga Dan Saya Punya Semuanya"**

SANWACANA

Segala Puji bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi pada tugas akhir ini dengan judul “**ANALISIS KARAKTERISTIK *PARTIAL DISCHARGE* MENGGUNAKAN ANTENA *MONOPOLE*** dapat terselesaikan.

Penulisan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Atas selesainya penyusunan skripsi ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak dan ibu tercinta, Andi Sumitra dan Risnawati yang selalu sabar dalam mendidik hingga tak pernah berhenti memberikan Pelajaran nilai nilai kehidupan dan kasih sayang yang tak pernah henti serta do’a yang tulus pada penulis
2. Seorang istri Bernama Elisa Imandasari dan seorang putri mungil Tiara Callista Edelweis yang selalu membuat penulis bertekad dalam menyelesaikan masa studi.
3. Kedua mertua yang selalu menasehati dan mendoakan penulis, maaf jika banyak kesalahan yang mengecewakan.
4. Kedua adik tercinta Nicholas dan Gusti yang selalu memotivasi dan mendukung dalam mencapai cita-cita.
5. Ibu Prof.Dr. Ir. Lusmeilia Ariani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng selaku Rektor Universitas Lampung
6. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan., S.T., M.Sc Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
7. Ibu Herlinawati, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dengan baik kepada penulis.

9. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dengan baik kepada penulis
10. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
11. Ibu Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan bimbingan dan motivasi bagi penulis dalam proses memperoleh gelar Sarjana Teknik.
12. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan wawasan dan ilmu yang bermanfaat bagi penulis
13. Segenap staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam administrasi dan hal-hal lainnya.
14. Keluarga Besar Mapala Unila Terima kasih atas pembelajaran hidup dan perjalanan kehidupan kampus yang menarik.
15. Keluarga besar Teknik Elektro 2020 terima kasih saudara tak kandung sejak tahun 2020
16. Kakak tingkat, adik adik dan Rekan-rekan asisten Lab. TTT yang telah mendukung dan membantu saya menyelesaikan skripsi ini.
17. Seseorang dengan NIM 2112402044 yang tidak kalah penting diperjalanan ini, terima kasih telah menemani singkat tetapi bermakna. Sehat selalu Ya.....
18. Dan Seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini memberikan manfaat yang luas bagi segala pihak

Bandar Lampung, Juni 2025

Defva Erlangga Yudha.P

DAFTAR ISI

ABSTRAK	III
SURAT PERNYATAAN	VII
PERSEMBAHAN.....	IX
SANWACANA	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR.....	XV
DAFTAR TABEL.....	XVI
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	5
2.1 <i>Partial Discharge</i>	5
2.2 Pendeteksian <i>Partial Discharge</i>	7
2.3 Antena Monopole	11
2.4 <i>High Frequency Current Transformer</i> (HFCT)	11
2.5 Karakteristik <i>Partial Discharge</i>	12
2.6 Pola <i>Phase Partial Discharge</i>	13
BAB. III.....	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Tahapan pembuatan tugas akhir	20
3.3.1 Studi literatur	20
3.3.2 Perancangan model pengujian	20
3.2.3 Rangkaian pengujian.....	21
3.4 Proses pengolahan data <i>partial Discharge</i>	25

3.5 Diagram alir penelitian	29
BAB IV	30
4.1 Analisis gelombang antena monopole dan HFCT sebagai validasi data fenomena <i>partial discharge</i>	30
4.2 Data Hasil Pengujian	32
4.2.1 Data hasil pengujian pada medium udara	32
4.2.2 Data hasil pengujian pada medium minyak.....	33
4.3 Karakteristik <i>Partial Discharge</i>	35
4.3.1 Karakteristik besar magnitudo <i>partial discharge</i> pada medium udara dan minyak.....	35
4.3.2 Karakteristik nilai energy <i>partial discharge</i> yang dinormalisasikan pada medium udara dan minyak.....	37
4.4 Analisis PRPD	38
4.4.1 Analisis PRPD <i>Surface Discharge</i>	39
4.4.2 Analisis PRPD <i>Void Discharge</i>	41
4.2.3 Analisis PRPD <i>Ploating Particle Discharge</i>	42
BAB V	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis jenis <i>partial discharge</i>	6
Gambar 2.2 Jenis sensor <i>partial discharge</i>	8
Gambar 2. 3 Antena monopole	11
Gambar 2. 4 HFCT.....	12
Gambar 2. 5 <i>Magnitudo</i> gelombang <i>partial discharge</i>	12
Gambar 2.6 Pola PRPD Permukaan (<i>Surface</i>).....	14
 Gambar 3.1 Elektroda pengujian.....	 17
Gambar 3.2 Isolator pengujian (a) <i>Surface</i> , (b) <i>Void</i> , (c) <i>Ploating Particle</i>	18
Gambar 3.3 Minyak CPO.....	18
Gambar 3.4 Antena monopole dan HFCT	19
Gambar 3. 5 Rangkaian pengujian pada medium udara.....	21
Gambar 3. 6 Rangkaian pengujian pada medium minyak	22
Gambar 3. 7 Rangkaian pengujian lebar sudut <i>phase partial discharge</i>	24
Gambar 3. 8 Isi file osiloskop	26
Gambar 3. 9 Data <i>partial discharge</i> yang telah di impor ke matlab.....	26
Gambar 3. 10 isi file spektrum analyzer	27
Gambar 3. 11 Hasil plot lebar sudut <i>phase</i> sinyal <i>partial dischrge</i>	28
Gambar 3.12 Diagram alir penelitian.....	29
 Gambar 4.1 Gelombang <i>partial discharge</i> (a) <i>surface</i> , (b) <i>Void</i> , (c) <i>Ploting Particle</i>	 31
Gambar 4.2 Grafik karakterisitk perbandingan nilai magnitudo PD pada medium udara dan minyak	35
Gambar 4.3 Grafik karakteristik perbandingan nilai energy PD pada medium udara dan minyak	37
Gambar 4.4 <i>Surface discharge</i> frekuensi 203.72 MHz.....	39
Gambar 4. 5 <i>void discharge</i> frekuensi 365.59 MHz	41
Gambar 4. 6 <i>Ploating particle discharge</i> frekuensi 107.36 MHz.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 jadwal dan aktivitas.....	16
Tabel 4.1 Magnitudo sinyal <i>partial discharge</i> pada medium udara.	32
Tabel 4.2 Energy sinyal <i>partial discharge</i> pada medium udara yang dinormalisasikan.	33
Tabel 4.3 sinyal <i>partial discharge</i> pada medium minyak.....	33
Tabel 4.4 Energy sinyal <i>partial discharge</i> pada medium minyak yang dinormalisasikan.	34
Tabel 4.5 Waktu, sudut, besar sudut dan amplitudo sinyal <i>partial discharge</i> sumber <i>surface</i> pada frekuensi yang berbeda - beda	39
Tabel 4. 6 Waktu, sudut, besar sudut dan amplitudo sinyal <i>partial discharge</i> sumber <i>void</i> pada frekuensi yang berbeda - beda	41
Tabel 4. 7 Waktu, sudut, besar sudut dan amplitudo sinyal <i>partial discharge</i> sumber <i>floating particle</i> pada frekuensi yang berbeda - beda	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolasi berfungsi untuk memisahkan dua penghantar listrik bertegangan agar tidak terjadi percikkan listrik (*flashover*). Kegagalan dari bahan isolasi dapat terjadi jika sistem mengalami tekanan medan listrik yang tinggi. Sebelum terjadinya kegagalan isolasi, terdapat fenomena *pre-breakdown*. Salah satu jenis *pre-breakdown* yang sering muncul adalah *partial discharge*. Fenomena *partial discharge* terjadi pada saat muatan listrik mengalir melalui bagian isolator yang seharusnya tidak terhubung baik di dalam rongga ataupun pada permukaan inti. Fenomena ini dapat terjadi baik pada isolasi padat, cair, ataupun gas.

Salah satu cara mendeteksi kegagalan dini pada isolasi adalah dengan mendeteksi kehadiran *partial discharge*. *Partial discharge* pada bahan isolasi menyebabkan terjadinya kerusakan pada isolasi. Hal ini terjadi karena *partial discharge* akan mengakibatkan kualitas isolasi akan mengalami pemburukkan pada lokasi terjadinya *partial discharge*. Pendeteksian *partial discharge* menggunakan standar IEC60270 yaitu metode standar yang banyak diterapkan dalam mendeteksi *partial discharge*. Metode ini dilakukan dengan memasang rangkaian kapasitor untuk mengukur deviden *partial discharge*. Metode ini memiliki kelemahan dalam pengukuran secara langsung dikarenakan pengaruh *noise* yang besar.

Selain menggunakan metode sesuai standar IEC60270 beberapa metode lain juga dapat digunakan untuk mendeteksi adanya *partial discharge*. Salah satunya adalah dengan mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh sinyal *partial discharge*. Metode elektromagnetik diterapkan dengan menggunakan sensor yang berfungsi untuk menangkap sinyal gelombang elektromagnetik. Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan Luqvi riski dkk (2014) bahwa sinyal *partial discharge* dapat dideteksi dengan menggunakan metode elektromagnetik [1]. Dalam penggunaanya sensor akan menangkap gelombang elektromagnetik dan osiloskop akan menampilkan gelombang tersebut. Sinyal yang direkam oleh

osiloskop kemudian diproses dengan software matlab untuk menghilangkan *noise* dan memvisualisasikan sinyal pelepasan.

Penelitian ini berfokus pada analisis karakteristik *partial discharge* berdasarkan karakteristik magnitudo dan nilai energy dengan melakukan analisis karakteristik *partial discharge* pada masing masing sumber dapat memberikan gambaran tentang intensitas pelepasan pada masing masing sumber *partial discharge*. Selain itu penelitian ini akan mengidentifikasi *partial discharge* dengan menggunakan metode analisis pola *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD). Sifat pelepasan *partial discharge* dapat di petakan berdasarkan sudut *phase* tegangan sistem sehingga jenis *partial discharge* dapat diidentifikasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji karakteristik gelombang *partial discharge* yang dihasilkan oleh antenna monopole dan *High Frequency Current Transformer* (HFCT) sebagai validasi data saat sinyal *partial discharge* terdeteksi.
2. Menguji karakteristik gelombang *partial discharge* pada medium udara dan minyak.
3. Menganalisis karakteristik gelombang *partial discharge* pada medium udara dan minyak dengan menggunakan matlab. Karakteristik yang dianalisis adalah magnitudo dan energy *partial discharge*.
4. Menganalisis karakteristik lebar sudut *phase partial discharge* pada medium udara dengan menggunakan metode analisis pola *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD).

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah ada penelitian ini adalah :

1. Penggunaan HFCT hanya digunakan untuk memvalidasi data dengan antenna monopole saat *partial discharge* terdeteksi.
2. Apa perbedaan karakteristik gelombang *partial discharge* yang dihasilkan oleh masing-masing sumber *partial discharge* pada medium udara dan minyak.

3. Bagaimana cara mengidentifikasi lebar sudut *phase partial discharge* menggunakan analisis pola *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan tidak mempertimbangkan gangguan lain (*noise*) disekitar pengujian.
2. Minyak yang digunakan pada pengujian medium minyak menggunakan minyak *Crude Palm Oil* (CPO). Karakteristik minyak CPO tidak dibahas secara mendalam.
3. Antena monopole yang digunakan berdasarkan penelitian sebelumnya sehingga tidak dilakukan pengujian lebih lanjut.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik *partial discharge* yang terjadi pada isolasi udara dan minyak dalam peningkatan kualitas bahan isolasi kedepanya.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan secara umum teori penunjang penyusunan penelitian ini tentang teori-teori mengenai *partial discharge*, mulai dari proses terjadinya *partial discharge*, metode pendeteksian hingga pendeteksian sinyal *partial discharge*.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi tentang waktu, tempat penelitian, alat penelitian, bahan yang digunakan, serta membahas tentang penjelasan dalam perencanaan alat pengujian, garis besar pengujian serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi sajian data-data dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar serta pembahasan mengenai proses pengolahan data yang kemudian dianalisis sampai didapatkan sebuah hasil mengenai karakteristik sinyal *partial discharge* pada kedua media isolasi.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian dan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

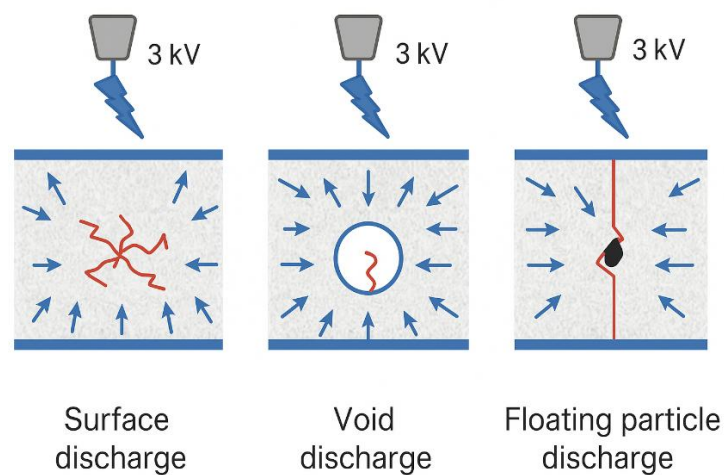
Bab ini membahas teori dan konsep dasar yang mendukung penelitian tentang pendeteksian *partial discharge* (PD) menggunakan antena monopole dan *High-Frequency Current Transformer* (HFCT). Tinjauan pustaka mencakup definisi *partial discharge*, karakteristik sinyal PD, metode pendeteksian dengan antena monopole dan HFCT serta penelitian terdahulu yang relevan. Pemahaman terhadap teori-teori ini diharapkan dapat menjadi landasan dalam menganalisis hasil penelitian dan interpretasi data pada penelitian ini.

2.1 Partial Discharge

Partial discharge (PD) merupakan fenomena pelepasan muatan listrik yang dapat mengakibatkan kerusakan material isolasi pada peralatan tegangan tinggi. Keadaan ini terjadi akibat tekanan medan listrik yang sangat tinggi, kondisi ini dapat menjembatani sistem isolasi baik secara sebagian ataupun menyeluruh di dalam suatu isolator [2]. Apabila kejadian *partial discharge* dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, maka akan terjadi penurunan kualitas material isolasi atau bahkan dapat menimbulkan *breakdown* (tegangan tembus). Fenomena *partial discharge* dapat timbul akibat beberapa faktor termasuk kualitas bahan isolator yang digunakan ataupun bisa terjadi jika terdapat tonjolan atau runcing pada isolator [3].

Menurut Prof. Suwarno *partial discharge* muncul ketika medan listrik dalam *void* atau gelembung melebihi kekuatan medan listrik gas dalam *void* atau gelembung tersebut [4]. Dalam isolator padat, jika terdapat cacat berupa rongga atau *void*, medan listrik dapat tembus ketika melebihi kekuatan tembus udara, meskipun isolator tersebut telah dirancang dengan kekuatan medan listrik di atas kekuatan tembus udara.

Partial discharge umumnya dikategorikan menjadi tiga tipe sumber yaitu [4] : 1) *Internal discharge* (peluahan di dalam), 2) *Surface discharge* (peluahan pada permukaan), dan 3) *Corona discharge* (peluahan korona). Pada penelitian ini, fokus utama adalah pada fenomena *void discharge*, *surface discharge*, dan *floating particle discharge*. Oleh karena itu, pembahasan mengenai *corona discharge* tidak akan dibahas lebih lanjut. Ilustrasi *partial discharge* tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Jenis jenis *partial discharge*

Internal discharge biasanya terjadi di dalam rongga rongga isolator, bentuk, ukuran, dan posisi rongga mempengaruhi tingkat dan besar *partial discharge*. Jika tekanan listrik pada rongga tersebut melebihi kemampuan isolasinya, maka akan terjadi peluahan didalam rongga dielektrik.

Surface discharge terjadi pada permukaan isolator, umumnya ketika ada jarak kebocoran yang pendek antara elektroda di bawah medan listrik tinggi. Ketika elektroda mengalami tekanan medan listrik yang sangat tinggi yang melewati ambang batas isolasi, maka *partial discharge* dapat terjadi. Kekuatan permukaan bahan dielektrik yang lebih kecil daripada kekuatan isolasi sehingga mengakibatkan terjadinya peluahan di permukaan elektroda [4].

Floating particle discharge terjadi ketika partikel konduktif kecil berada bebas di dalam celah isolasi, seperti dalam cairan isolasi atau rongga gas di dalam bahan padat. Partikel logam digunakan dalam studi *Floating particle discharge* karena memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, sehingga sangat mudah terpolarisasi oleh medan listrik eksternal dan mampu menyebabkan gangguan signifikan terhadap distribusi medan listrik di dalam celah isolasi. Meskipun dalam kondisi nyata partikel dalam isolasi cair bisa berupa serbuk non-logam atau partikel lain yang bersifat isolatif, penggunaan partikel logam ini dapat menciptakan konsentrasi medan lokal yang cukup untuk memicu pelepasan muatan parsial meskipun tidak menyentuh elektroda secara langsung. Selain itu, logam dipilih karena ukurannya dapat dikontrol dan hasil pengujiannya cenderung konsisten.

Penyebab terjadinya *partial discharge* dapat diketahui dengan melakukan pengujian dan pengukuran pada isolasi dengan menggunakan suatu sensor *partial discharge*. Pengujian dan pengukuran *partial discharge* berkaitan dengan nilai kualitas dan kuantitas. Nilai kualitas diperoleh dari karakteristik saat melakukan pengujian pada suatu bahan tertentu. Sedangkan nilai kuantitas merupakan nilai nominal *partial discharge* yang mempunyai dimensi *piko Coloumb* (pC). Kedua nilai ini harus memenuhi standar pada pengujian, sehingga kualitas peralatan tersebut baru bisa dilakukan penilaian. Berdasarkan magnitudo *partial discharge*, ada beberapa bentuk kegagalan yang dapat terjadi, yaitu [5] :

1. 10 – 15 pC belum terjadi kegagalan isolasi.
2. 300 – 500 pC awal terjadinya penurunan kualitas isolasi.
3. 1000 – 3000 pC perkembangan kegagalan, pada isolasi kertas sudah terjadi kegagalan sempurna.
4. 10.000 – 100.000 pC terjadi kerusakan tahanan isolasi minyak.

2.2 Pendeteksian *Partial Discharge*

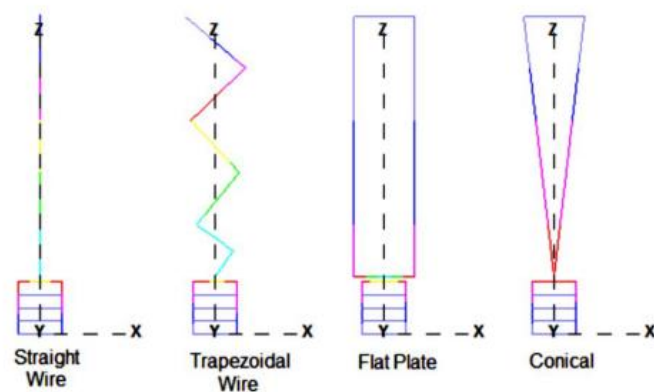
Metode pendeteksian *partial discharge* secara garis besar ada dua cara yaitu dengan metode konvensional dan juga metode non-konvensional [6].

1. Metode konvensional adalah sebuah metode yang menggunakan standard IEC 60270 yaitu pendeteksian *partial discharge* dengan menggunakan

kopling langsung (*coupling device*) [1] dan mengukur muatan terlihat dari sinyal yang dihasilkan, pengukuran besar muatan dinyatakan dalam (pC) dari sinyal *partial discharge* yang terdeteksi (*high signal to noise ratio*).

2. Metode non-konvensional adalah semua metode yang tidak mengikuti prosedur pengukuran standard IEC 60270. Metode ini dilakukan dengan mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh sumber *partial discharge* dengan rentang frekuensi.
 - HF/VHF (3 MHz sd 300 MHz)
 - UHF (300 MHz s.d 3000 MHz)
 - Emisi suara (10 kHz s.d 300 kHz)
 - Pendeteksian secara optik.

Pada penelitian ini menggunakan pendeteksian elektromagnetik sebagai pendeteksi *partial discharge*. Metode pendeteksian sinyal elektromagnetik adalah pendeteksian non-konvensional, prinsip kerjanya adalah dengan mendeteksi adanya sinyal elektromagnetik. Metode pendeteksian elektromagnetik memiliki beberapa jenis sensor. Pada metode pendeteksian sinyal elektromagnetik, terdapat beberapa jenis antenna yang digunakan sebagai sensor yaitu antenna *straight wire*, *trapezoidal wire*, *flat plate*, dan *conical*. Berikut merupakan jenis sensor elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi *partial discharge*.



Gambar 2.2 Jenis sensor *partial discharge*

Pada gambar diatas terlihat beberapa jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi *partial discharge*.

1. Antena jenis *staraight wire* dibuat dari batang tembaga lurus memiliki respon yang baik dalam pendeteksian *partial discharge* baik secara horizontal ataupun vertical.
2. Antena *trapezoidal wire* dibuat zig zag dengan bahan tembaga memiliki resonansi frekuensi yang baik dan memiliki karakteristik yang hampir sama *staraight wire*.
3. Antena *flat plate* dibuat dari bahan tembaga memiliki bentuk bidang segi empat. Antena ini memiliki *gain* yang lebih kecil dari antena lainya yang merupakan kekurangan antena ini dibanding antena lainnya.
4. Antena jenis *conical* didesain seperti kerucut. Antena ini memiliki gain yang lebih baik dibandingkan *straight wire*.

Metode elektromagnetik (UHF) pertama kali diterapkan untuk mendeteksi peluahan sebagian pada GIS (*Gas Insulated Switchgear*) [7]. Saat ini metode elektromagnetik juga telah diupayakan untuk aplikasi pendeteksian peluahan pada transformator.

Penelitian tentang pendeteksian beragam sumber peluahan sebagian menggunakan sensor antena monopole dengan diameter panjang 10 cm yang dilakukan oleh (Luqvi Rizki S, Herman H Sinaga, Yul Martin) pada tahun 2014 dengan judul ” Pendeteksian beragam sumber peluahan sebagian dengan menggunakan metode elektromagnetik” penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur sinyal dari sumber sumber PD hasil penelitian menunjukan bahwa sensor mampu menangkap flukstasi amplitudo yang mengidentifikasi aktivitas *partial discharge*. Namun penelitian ini hanya dilakukan pada isolasi udara dan belum mempertimbangkan validasi hasil data menggunakan perangkat lainya [1].

Penelitian dengan variasi sensor yang diaplikasikan untuk mendeteksi *partial discharge* pada transformator dilakukan J. Lopez–Raldan pada tahun 2008 yang berjudul “*Optimisation Of A Sensor For Onsite Detection Of Partial Discharge In*

Power Transformers By The UHF Method". Penelitian ini mengembangkan optimal sensor untuk mendeteksi *partial discharge* pada transformator dengan menggunakan berbagai jenis antena monopole yaitu tipe *short conical*, *long conical*, *trapezoidal wire* dan *straight wire*. Hasil pengujian menunjukkan setiap antena memiliki karakteristik unik tipe *long conical* paling cocok digunakan untuk transformator, *short conical* menunjukkan respon deteksi *partial discharge* yang lebih cepat, *trapezoidal wire* memiliki frekuensi resonansi yang sesuai dengan frekuensi sinyal *partial discharge*, dan *straight wire* memberikan struktur sederhana dengan respon yang cukup baik. Namun pada penelitian ini tidak ada pembahasan lebih lanjut mengenai kedalaman yang optimal untuk menyesuaikan penyisipan dalam aplikasi lapangan dan hanya mengeksplorasi tipe sensor monopole tanpa membandingkan jenis sensor lainya seperti loop antenna, *Hilbert*, ataupun spiral yang mungkin lebih sensitive terhadap pendeteksian *partial discharge* [8].

Penelitian tentang pendeteksian *partial discharge* dengan menerapkan metode elektromagnetik juga dibahas oleh Chang-Whang Jin. Penelitian ini menggunakan 2 antena monopole yang masing masing memiliki frekuensi kerja 500 MHz dan 1 GHz dengan Panjang antena 150 mm dan 75 mm untuk mendeteksi *partial discharge* pada media isolasi cair khususnya minyak trafo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua antena tersebut sangat efektif dalam mendeteksi sinyal *partial discharge* dengan frekuensi yang sesuai dilihat dari hasil besar magnitudo tegangan yang signifikan selama pengujian [9].

Jenis sensor yang digunakan dalam pendeteksian *partial discharge* merupakan faktor krusial dalam metode elektromagnetik, tipe dan struktur sensor berpengaruh terhadap karakteristik gelombang yang dapat dideteksi. Sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh *partial discharge* memiliki karakteristik frekuensi yang bervariasi tergantung pada jenis sumber *partial discharge* serta medium tempat terjadinya *partial discharge*.

2.3 Antena Monopole

Antena monopole adalah komponen krusial dalam deteksi *partial discharge* pada peralatan bertegangan tinggi. Antena monopole mampu mendeteksi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh *partial discharge*, sehingga membantu dalam identifikasi dan analisis masalah isolasi. Desain antena monopole yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya [1] sehingga tidak dilakukan pengujian lebih lanjut. Antena monopole dipilih karena mempunyai performa yang baik meskipun diletakan pada posisi horizontal ataupun vertical.



Gambar 2. 3 Antena monopole

2.4 High Frequency Current Transformer (HFCT)

High Frequency Current Transformer (HFCT) adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk keperluan pengukuran dalam sistem tenaga listrik. Input yang diterima HFCT berupa medan yang tercipta dari arus yang mengalir pada kabel ground, sedangkan output dari HFCT berupa tegangan. Pada tegangan tinggi biasanya HFCT digunakan untuk mendeteksi sinyal *partial discharge*. Ketika pengukuran *partial discharge on-line* dilakukan pada instalasi *high voltage*, sensor HFCT di jepit di konduktor pentanahan jaringan pembumian.



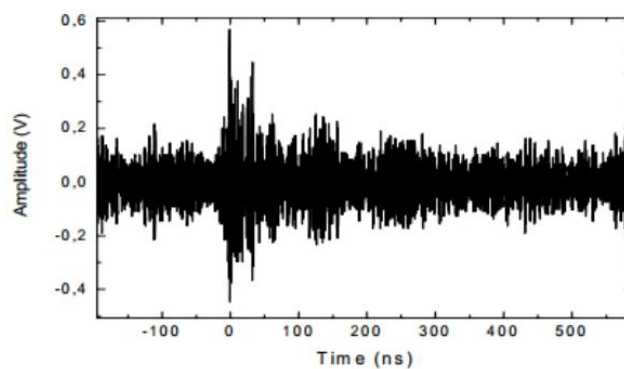
Gambar 2. 4 HFCT

2.5 Karakteristik *Partial Discharge*

Karakteristik dari sinyal elektromagnetik yang dihasilkan oleh *partial discharge* tergantung pada jenis sumber *partial discharge* dan medium terjadinya *partial discharge* tersebut. Karakteristik *partial discharge* yang ditampilkan osiloskop akan dianalisis dengan menghitung parameter parameter gelombang tersebut. Karakteristik sinyal dapat ditentukan dari beberapa parameter yaitu :

1. Magnitudo

Salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan karakteristik *partial discharge* adalah magnitudo. Magnitudo pada sinyal dapat ditentukan dengan melihat besar magnitudo pada saat terjadinya *partial discharge*. Setiap sumber *partial discharge* akan memiliki magnitudo yang berbeda beda [10]



Gambar 2. 5 Magnitudo gelombang *partial discharge*

Gambar 2.5 menunjukkan *magnitudo* gelombang *partial discharge*. Besar nilai amplitudo ditentukan dari titik amplitudo pada sinyal *partial discharge*. Nilai tertinggi amplitudo dinyatakan sebagai amplitudo maksimum dan nilai terendah dinyatakan sebagai amplitudo minimum.

2. Energy

Karakteristik *partial discharge* juga dapat dilihat dari total energy *partial discharge* yang dilepaskan selama periode tertentu yang kemudian dinormalisasikan. Energi ini memberikan indikasi seberapa parah dan aktifnya proses degradasi isolasi listrik bertegangan tinggi. Energi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$E = \sum_{n=1}^N V \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- E = Energi dinormalisasikan
- V = Nilai amplitudo sinyal PD pada titik data ke-iii
- N= Jumlah total sampel data dalam satu segmen atau jendela waktu

Energi yang dinormalisasikan merupakan jumlah total dari nilai amplitudo sinyal *partial discharge* (PD) dalam satu segmen waktu tertentu yang telah disesuaikan. Proses normalisasi ini bertujuan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan jumlah sampel pada masing-masing segmen, sehingga setiap segmen memiliki skala energi yang setara. Dengan demikian, nilai energi yang diperoleh merepresentasikan karakteristik sinyal secara relatif dalam rentang waktu tertentu

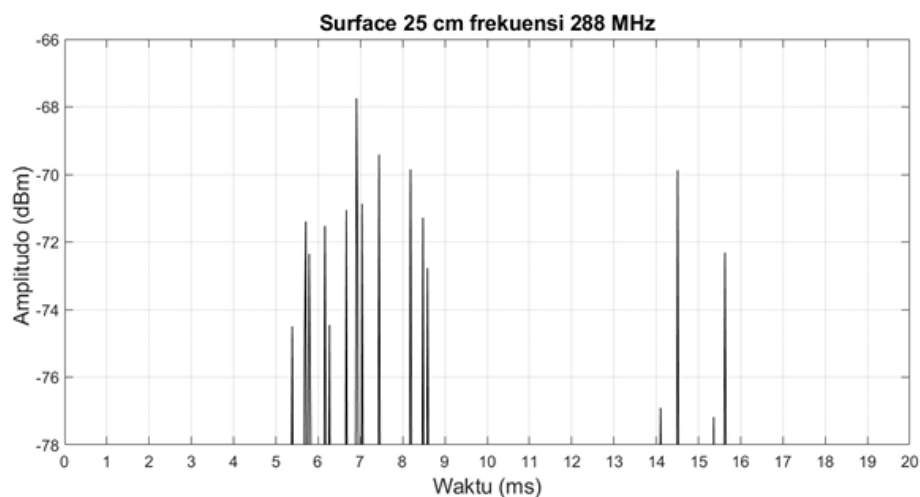
2.6 Pola *Phase Partial Discharge*

Partial discharge dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan isolasi sehingga perlu dilakukan identifikasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah isolasi masih aman untuk beroperasi atau perlu pemeliharaan.

Mengidentifikasi jenis *partial discharge* dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisis pola *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD). Metode PRPD digunakan dengan melakukan pengukuran pengulangan pulsa peluahan parsial yang ditampilkan oleh *spektrum analyzer* sehingga dapat dibedakan jenis *partial*

discharge yang terjadi [10]. Metode ini dilakukan dengan membandingkan total jumlah *partial discharge* yang terekam dalam satu interval waktu dengan durasi waktunya. Jumlah *partial discharge* yang terjadi dapat diketahui dengan cara menghitung titik titik PD [11].

Menurut penelitian yang pernah dilakukan oleh Ricky Supriadi S dkk [13] pada tahun 2021, pada penelitian ini menyajikan uji pelepasan *partial discharge* secara non-konvensional dengan menggunakan sensor Hilbert fractal. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber *partial discharge* menghasilkan pola PRPD yang khas yang memungkinkan pengenalan yang mudah. Berikut merupakan salah satu jenis pola *phase resolved partial discharge* (PRPD).



Gambar 2.6 Pola PRPD Permukaan (*Surface*)

Pada Gambar 2.7 sumbu x menunjukkan fasa (waktu), sedangkan sumbu y menunjukkan amplitudo. Terlihat amplitudo sinyal *partial discharge* direperensientasikan dalam satuan dBm yang terlihat bahwa hasilnya negatif hal ini menunjukkan bahwa sinyal yang terdeteksi memiliki daya yang sangat kecil. Hasil analisis dilakukan pada sumbu x, Dimana kejadian *partial discharge* terjadi pada rentang 0 - 20 ms. Gambar tersebut menunjukkan adanya *partial discharge* yang ditampilkan pada *spektrum analyzer*, dengan jenis *partial discharge* permukaan (*surface discharge*). *Partial discharge* terjadi pada polaritas positif maupun negatif.

Pada polaritas positif, PD terjadi pada rentang waktu 5,4 – 8,5 ms sedangkan pada polaritas negatif, PD terjadi dalam rentang waktu 14,1 – 15,6 ms. Berdasarkan pola PRPD yang ditampilkan, dapat disimpulkan bahwa *surface discharge* memiliki pola *phase* peluahan yang terjadi dipolaritas positif dan polaritas negatif dengan besar sudut peluahan yang lebih besar pada polaritas positif [13].

BAB. III

METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang penjelasan peralatan yang digunakan dan metode pengambilan data dengan metode elektromagnetik dalam mendeteksi *partial discharge*.

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di laboratorium terpadu jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Juni 2024.

Tabel 3.1 Jadwal dan aktivitas

Aktivitas	7	8	9	10	11	12
Studi literatur						
Perancangan kerangka pengujian						
Pembuatan kerangka pengujian						
Pengambilan sampel data						
Analisa dan pembahasan						

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan pada penelitian ini adalah

1. Voltage regulator

Voltage regulator digunakan untuk menjaga tegangan keluaran yang input dari sumber PLN ke trafo pada tingkat yang tetap meskipun terjadi *fluktuasi* pada tegangan masukan.

2. Multimeter digital

Multimeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dari voltage regulator dan mengukur besarnya tegangan output transformator.

3. Transformator *step-up* 5 KV

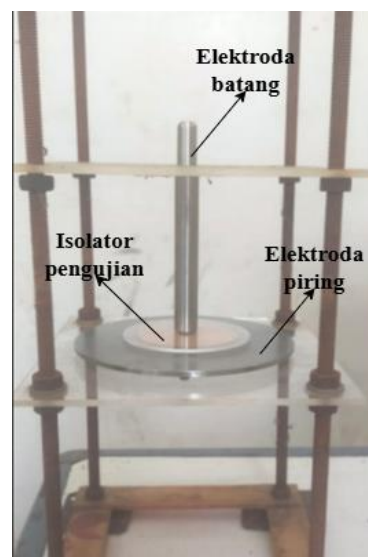
Trafo uji digunakan untuk menaikkan tegangan dari PLN untuk membangkitkan *partial discharge*. Trafo uji yang digunakan adalah trafo tegangan dengan kapasitas 220 V/20 KV.

4. Resistor pembatas

Resistor pembatas digunakan untuk menurunkan arus yang dibangkitkan oleh trafo tegangan sebelum masuk ke *PD source*, dengan perbandingan yang digunakan sebesar 1:1000.

5. Elektroda pengujian

Elektroda pengujian yang digunakan adalah elektroda batang yang terhubung dengan tegangan tinggi dan elektroda piring terhubung dengan ground. Berikut Gambar elektroda pengujian yang digunakan

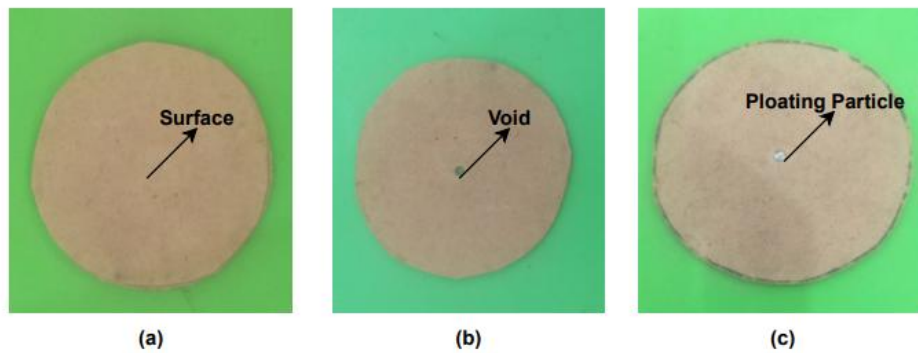


Gambar 3.1 Elektroda pengujian

6. Sumber *partial discharge*

Untuk menghasilkan 3 tipe sumber *partial discharge* yang berbeda, digunakan 3 jenis isolator pengujian yang berbeda beda. Pada sumber (*surface discharge*) digunakan kertas *chart paper* dengan ketebalan 0.5 mm sebanyak 3 lapis. Pada sumber (*void discharge*) digunakan *chart paper* dengan ketebalan 0.5 mm sebanyak 3 lapis, pada lapis ke 2 dibuat berlubang dengan diameter sebesar 2 mm. Pada

sumber (*floating particle*) digunakan *chart paper* dengan ketebalan 0.5 mm sebanyak 3 lapis, pada lapis kedua diberi lubang sebesar 2 mm pada lubang tersebut diberi *particle* berupa logam. Berikut Gambar isolator pengujian yang digunakan



Gambar 3.2 Isolator pengujian (a) *Surface*, (b) *Void*, (c) *Ploating Particle*

7. Minyak *crude palm oil* (CPO)

Pada pengujian yang dilakukan di medium minyak menggunakan minyak yang terbuat dari kelapa sawit mentah yaitu minyak *crude palm oil* (CPO). Minyak yang digunakan masih mengandung berbagai komponen komposisi kimia dalam minyak, seperti kadar air, termasuk karoten yang memberi warna kuning, serta asam lemak bebas dan kotoran lainnya. Dalam pengujian ini, minyak berfungsi sebagai medium isolasi cair Berikut Gambar minyak isolasi yang digunakan.



Gambar 3.3 Minyak CPO

8. Antena

Antena dalam pengujian ini menggunakan 2 jenis antena yaitu antena monopole dan *High Frequency Current Transformer* (HFCT). Pembuatan antena monopole berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya sehingga tidak dilakukan pengujian lebih lanjut. Antena monopole yang digunakan memiliki diameter 1 mm dengan panjang 10 cm dan terbuat dari tembaga. Kedua antena dihubungkan menggunakan BNC Conector sebagai penghubung osiloskop.



Gambar 3.4 Antena monopole dan HFCT

9. Osiloskop / *Spectrum Analyzer*.

Dalam pengujian ini Osiloskop / *spectrum analyzer* digunakan untuk menampilkan data sinyal gelombang *partial discharge* yang ditangkap oleh antena monopole dan HFCT.

10. Laptop

Laptop digunakan untuk menyimpan data gelombang output dari osiloskop. Gelombang yang dihasilkan pada osiloskop kemudian akan diolah menggunakan software excel dan matlab. Matlab akan menampilkan Gambar pulsa yang direkam oleh sensor kemudian dianalisis.

3.3 Tahapan pembuatan tugas akhir

Adapun tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah

3.3.1 Studi literatur

Dalam metode studi literatur penulis mencari sumber referensi yaitu buku, jurnal, laporan penelitian dan sumber lainnya untuk mendapatkan data yang benar serta bahan pendukung yang berkaitan dengan tema penelitian ini. Selain itu, penulis juga melakukan studi literatur melalui bimbingan dengan dosen pembimbing selama melakukan penelitian dan menulis skripsi.

3.3.2 Perancangan model pengujian

Terdapat 2 tahap yang dilakukan dalam merancang model penelitian.

1. Pembuatan kerangka pengujian

- a) Pengujian pada medium udara

Pertama akrilik dipotong berbentuk bidang segi empat dengan ukuran 15,5 x 15,5 cm sebanyak dua buah. Masing-masing bagian sudutnya dilubangi sebagai tempat besi penyangga dan bagian tengahnya dilubangi sebagai tempat elektroda batang dan plat. Besi penyangga terbuat dari besi setinggi 40 cm.

- b) Pengujian pada medium minyak

Kerangka tempat pengujian pada medium minyak terbuat dari toples akrilik kotak yang memiliki ukuran 11 cm X 11 cm dengan tinggi 17 cm. Pada bagian bawahnya dibuat lubang sebagai tempat elektroda plat

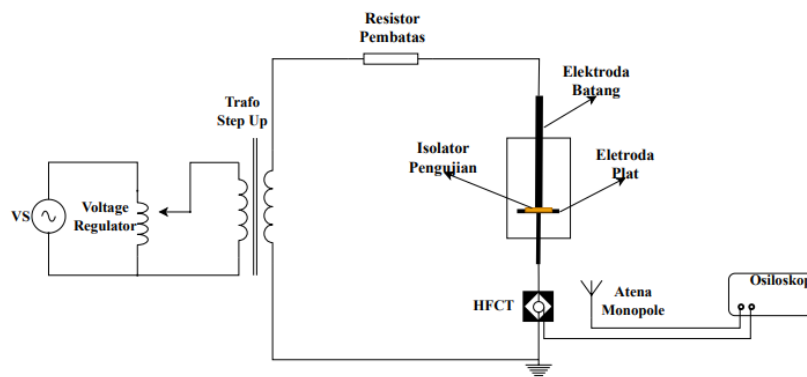
2. Pembuatan kerangka sensor dan sensor antena monopole

Pada tahapan membuat kerangka sensor, penyangga sensor terbuat dari akrilik berbentuk persegi dengan ukuran 10 cm x 10 cm. Pada titik tengahnya dibuatkan lubang yang berfungsi untuk menempatkan antena tersebut. Untuk tiang penyangganya dibuat dengan akrilik dengan ukuran tinggi 15 cm. Terakhir membuat sensor yang terbuat dari batangan tembaga dengan ukuran 10 cm sementara untuk ground dari antena dihubungkan ke osiloskop menggunakan *BNC Conector*.

3.2.3 Rangkaian pengujian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik magnitudo dan energi *partial discharge* pada dua jenis media, yaitu udara dan minyak, dengan menggunakan osiloskop sebagai alat akuisisi data. Adapun untuk pengujian karakteristik lebar sudut fase, pengujian hanya dilakukan pada media udara dengan menggunakan spectrum analyzer sebagai alat pengukuran. Sumber *partial discharge* yang digunakan meliputi *surface discharge*, *void discharge*, dan *floating particle discharge*. Adapun rangkain pengujian untuk masing masing pengujian dapat dilihat pada Gambar berikut.

1. Pengujian karakteristik magnitudo dan energi

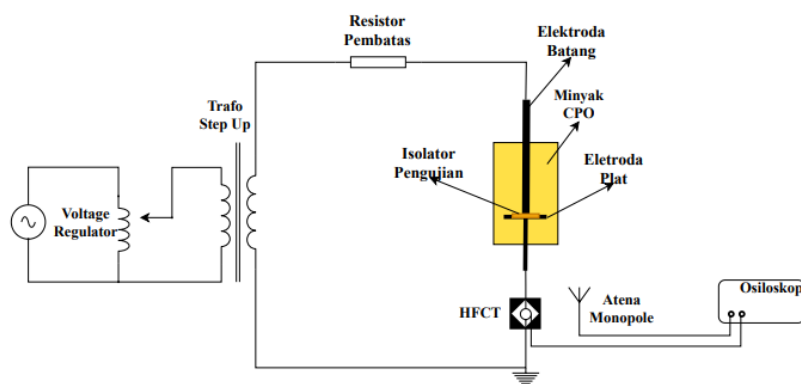


Gambar 3. 5 Rangkaian pengujian pada medium udara

Rangkaian pengujian karakteristik magnitudo dan energi *partial discharge* pada medium udara menggunakan rangkaian seperti Gambar 3.5 diatas, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a) Proses pembangkitan *partial discharge* dilakukan dengan membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 3.5 komponen komponen yang digunakan meliputi tegangan sumber, voltage regulator, trafo *step up*, resistor pembatas, elektroda pengujian, isolator pengujian, kemudian sensor antena monopole dan HFCT yang dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan bentuk gelombang *partial discharge* yang terjadi.

- b) Penggunaan sumber *partial discharge* diatur sesuai pengujian yang dilakukan. Sampel pengujian *partial discharge* diletakan diantara elektroda batang dan piring. Pada pengujian *surface discharge* isolator pengujian menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm. Pada pengujian *void discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang dengan diameter 2 mm. Pada pengujian *floating particle discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang, dimana pada lubang tersebut diberi partikel berupa logam.
- c) Kemudian pada saat pembangkitan *partial discharge*, tegangan output trafo yang digunakan adalah sebesar 3 kV demi keamanan peralatan. Jarak antara ke 2 sensor dan sumber *partial discharge* adalah 20 cm.
- d) Pengambilan data pengujian disimpan sebanyak 100 data untuk setiap masing masing sumber *partial discharge*
- e) Data pengujian disimpan dalam format CSV, untuk memudahkan proses pengolahan data pada excel
- f) Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software excel dan matlab 2015.



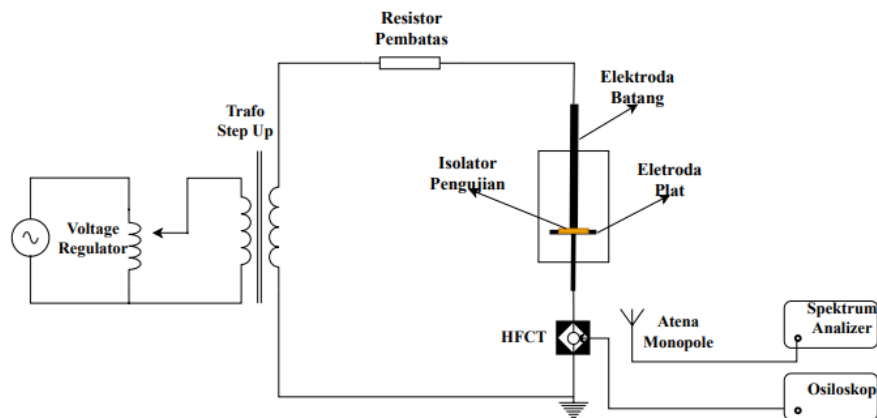
Gambar 3. 6 Rangkaian pengujian pada medium minyak

Pada penelitian ini, rangkaian pengujian karakteristik magnitudo dan energi *partial discharge* yang dilakukan pada medium minyak menggunakan rangkaian seperti

Gambar 3.6 diatas. Rangkaian yang digunakan memiliki rangkaian yang sama dengan rangkaian pengujian pada medium udara, hanya saja pada medium minyak isolator pengujian yang digunakan terendam minyak CPO. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a) Proses pembangkitan *partial discharge* dilakukan dengan membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 3.6 komponen komponen yang digunakan meliputi tegangan sumber, voltage regulator, trafo *step up*, resistor pembatas, elektroda pengujian, isolator pengujian, kemudian sensor monopole dan HFCT yang dihubungkan dengan osiloskop untuk menampilkan bentuk gelombang *partial discharge* yang terjadi.
- b) Penggunaan sumber *partial discharge* diatur sesuai pengujian yang dilakukan. Sampel pengujian *partial discharge* di letakkan antara elektroda batang dan piring, dimana pada pengujian medium minyak isolator pengujian yang akan digunakan terendam minyak *crude palm oil*. Pengujian juga dilakukan dengan beberapa sumber. Pada pengujian *surface discharge* isolator pengujian menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm. Pada pengujian *void discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang dengan diameter 2 mm. Pada pengujian *floating particle discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang, dimana pada lubang tersebut diberi partikel berupa logam.
- c) Kemudian pada saat pembangkitan *partial discharge*, tegangan output trafo yang digunakan adalah sebesar 3 kV demi keamanan peralatan. Jarak antara ke 2 sensor dan sumber *partial discharge* adalah 20 cm.
- d) Pengambilan data pengujian disimpan sebanyak 100 data untuk setiap masing masing sumber *partial discharge*.
- e) Data pengujian disimpan dalam format CSV, untuk memudahkan proses pengolahan data pada excel.
- f) Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software excel dan matlab 2015.

2. Pengujian karakteristik lebar sudut phase



Gambar 3. 7 Rangkaian pengujian lebar sudut *phase partial discharge*

Rangkaian pengujian lebar sudut *phase partial discharge* umumnya sama seperti rangkaian pengujian karakteristik magnitudo dan energi ditunjukkan pada Gambar 3.7 hanya saja pada pengambilan data untuk pengujian lebar sudut *phase* digunakan spektrum analizer untuk merekam sinyal *partial discharge*, sementara antenna monopole juga dihubungkan ke osiloskop untuk memastikan bahwa sinyal *partial discharge* dapat terdeteksi secara visual. Pengujian ini dilakukan pada medium udara yang bertujuan untuk mengetahui lebar sudut *phase* untuk masing masing sumber *partial discharge* yang digunakan. Berikut Langkah langkahnya.

- a) Proses pembangkitan *partial discharge* dilakukan dengan membuat rangkaian pengujian seperti Gambar 3.7 komponen komponen yang digunakan meliputi tegangan sumber, voltage regulator, trafo *step up*, resistor pembatas, elektroda pengujian, isolator pengujian, kemudian sensor monopole dihubungkan dengan spektrum analizer untuk menampilkan bentuk sinyal *partial discharge* yang terjadi, kemudian untuk sensor HFCT terhubung ke osiloskop untuk memastikan bahwa sinyal *partial discharge* terdeteksi secara visual

- b) Penggunaan sumber *partial discharge* diatur sesuai pengujian yang dilakukan. Sampel pengujian *partial discharge* diletakan diantara elektroda batang dan piring. Pada pengujian *surface discharge* isolator pengujian menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm. Pada pengujian *void discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang dengan diameter 2 mm. Pada pengujian *floating particle discharge* menggunakan *chart paper* 3 lapis dengan ketebalan 0.5 mm, pada lapis ke 2 dibuat berlubang, dimana pada lubang tersebut diberi partikel berupa logam.
- c) Kemudian pada saat pembangkitan *partial discharge*, tegangan output trafo yang digunakan adalah sebesar 3 kV demi keamanan peralatan. Jarak antara ke 2 sensor dan sumber *partial discharge* adalah 20 cm.
- d) Pengambilan data pengujian dengan memvariasikan frekuensi yaitu 100 – 500 Mhz. untuk setiap frekuensi data disimpan sebanyak 20 untuk setiap masing masing sumber *partial discharge*
- e) Data pengujian disimpan dalam format CSV, untuk memudahkan proses pengolahan data pada excel
- f) Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software excel dan matlab 2015.

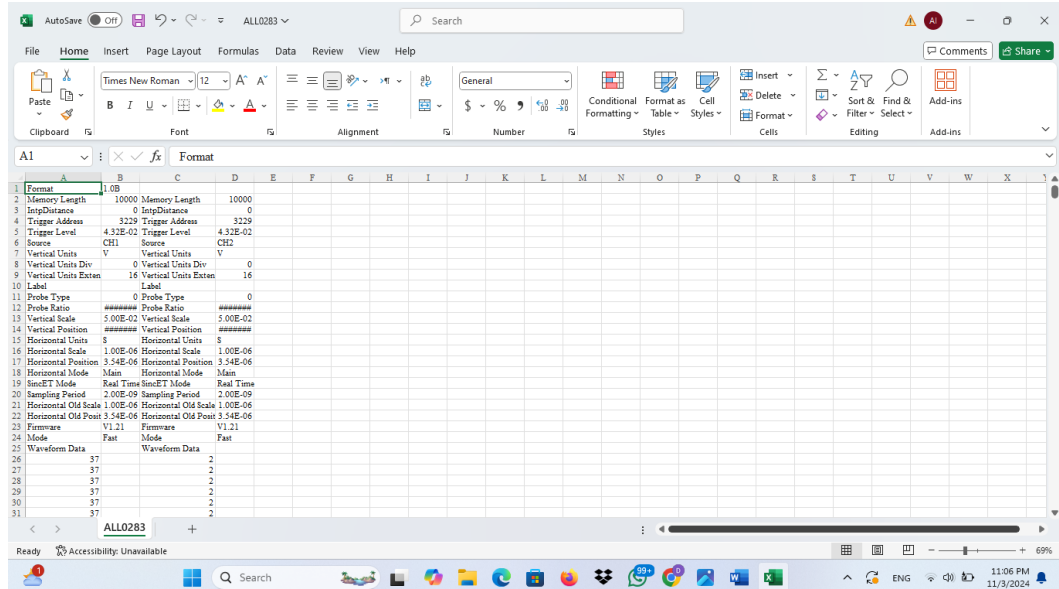
3.4 Proses pengolahan data *partial Discharge*

Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam mengolah sinyal yang didapat sebagai berikut:

1. Pengolahan data karakteristik magnitudo dan energi

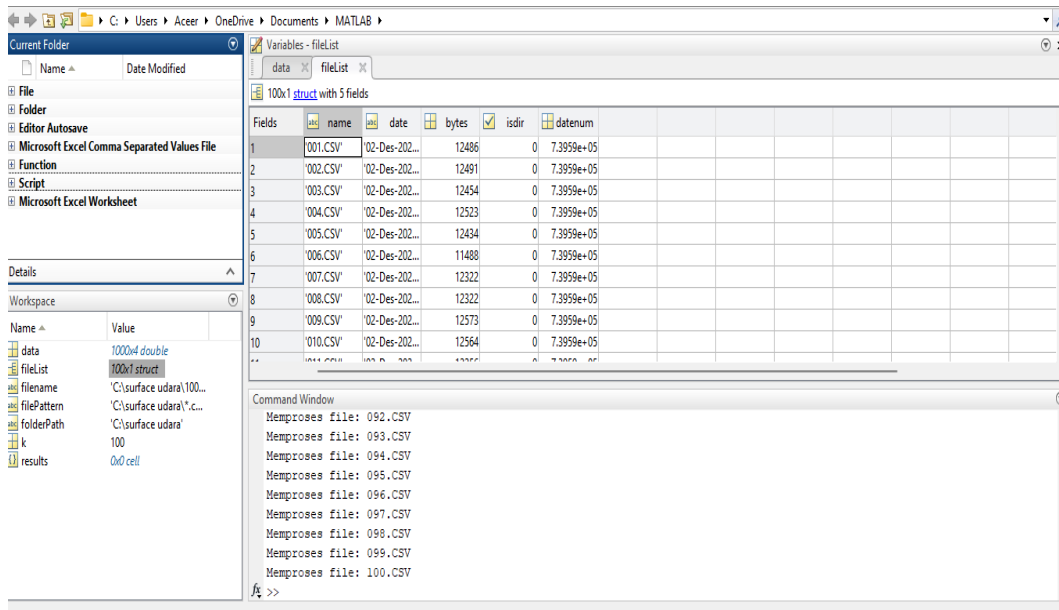
Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam mengolah sinyal yang didapat sebagai berikut:

- a) Data yang diperoleh dalam pengujian berupa data dalam bentuk tabular, kemudian data di simpan dengan format CSV seperti tampak pada Gambar 3.8 yang berisikan informasi pengujian *partial discharge*.



Gambar 3. 8 Isi file osiloskop

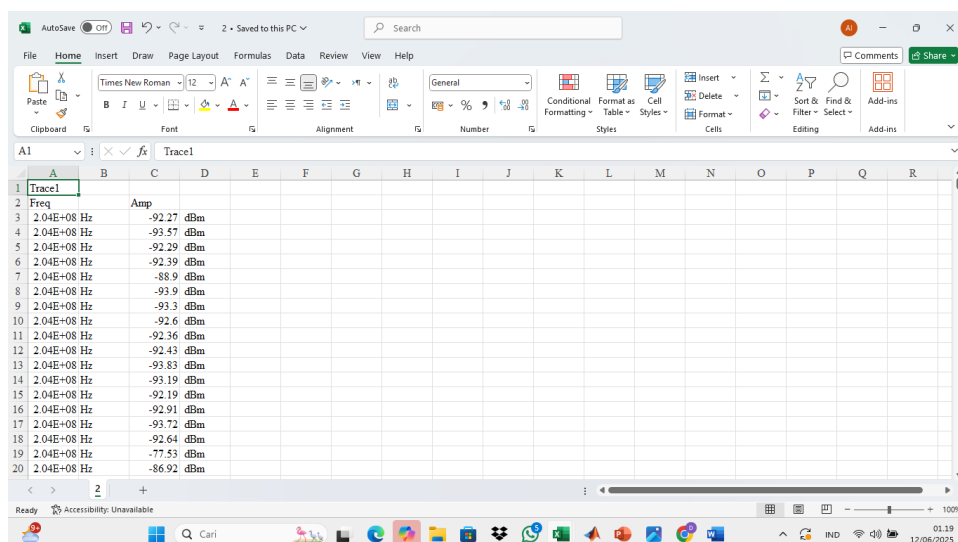
- b) Data *partial discharge* disimpan sebanyak 100 buah, kemudian dikelompokkan berdasarkan medium pengujian dan sumbernya masing masing.
- c) Data yang telah dikelompokkan kemudian dimuat kedalam matlab.



Gambar 3. 9 Data *partial discharge* yang telah di impor ke matlab.

- d) Pada tahap analisis, data yang telah diimpor ke dalam MATLAB dianalisis menggunakan program (Terlampir) yang telah dirancang untuk mengidentifikasi karakteristik sinyal *partial discharge*. Analisis dilakukan dengan pendekatan *threshold* (ambang batas) berdasarkan waktu ekor sinyal discharge.
- e) Setiap sinyal *partial discharge* yang diperoleh memiliki nilai offset yang berbeda-beda, sehingga penetapan nilai *threshold* dilakukan secara adaptif. Nilai *threshold* ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:
- Untuk puncak positif
 $\text{Threshold} = \text{nilai maximum} - \text{nilai offset}$
- Untuk puncak negatif
 $\text{Threshold} = \text{nilai offset} - \text{nilai minimum}$
- f) Dengan menggunakan persamaan tersebut, program MATLAB akan menyeleksi bagian sinyal yang melebihi ambang batas, sehingga hanya bagian sinyal yang relevan dengan kejadian *partial discharge* yang dianalisis lebih lanjut.
- g) Setelah Besar magnitudo tegangan maksimum dan energy didapatkan kemudian dilakukan analisis karakteristik *partial discharge*.

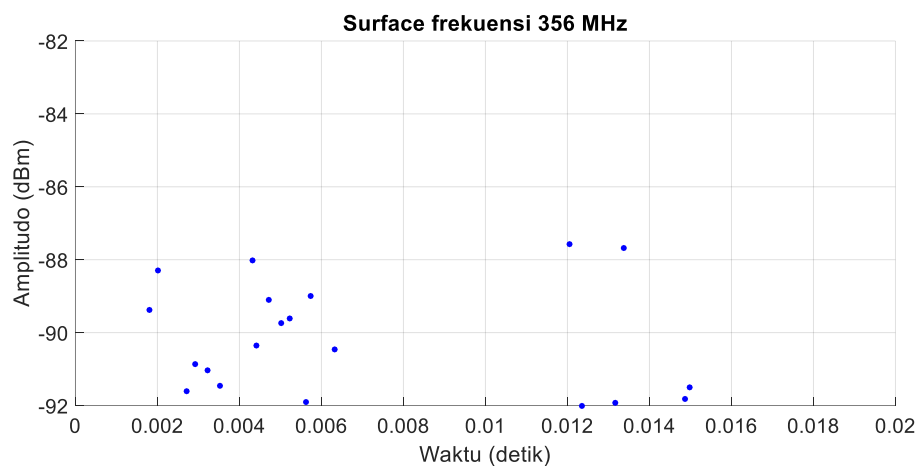
2. Pengolahan data karakteristik lebar sudut *phase*



Gambar 3. 10 isi file spektrum analyzer

Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam mengolah sinyal data *partial discharge* untuk mengidentifikasi lebar sudut *phase* tahapan dilakukan dengan Langkah Langkah sebagai berikut :

- a) Data hasil pengujian *partial discharge* yang disimpan dalam format csv dimuat kedalam matlab seperti Gambar 3.10 untuk dilakukan analisis lebih lanjut
- b) Data amplitudo *partial discharge* diplot terhadap waktu seperti yang terlihat pada Gamabr 3.11 untuk memperoleh gambaran visual mengenai bentuk sinyal serta lokasi kemungkinan terjadinya *partial discharge*.



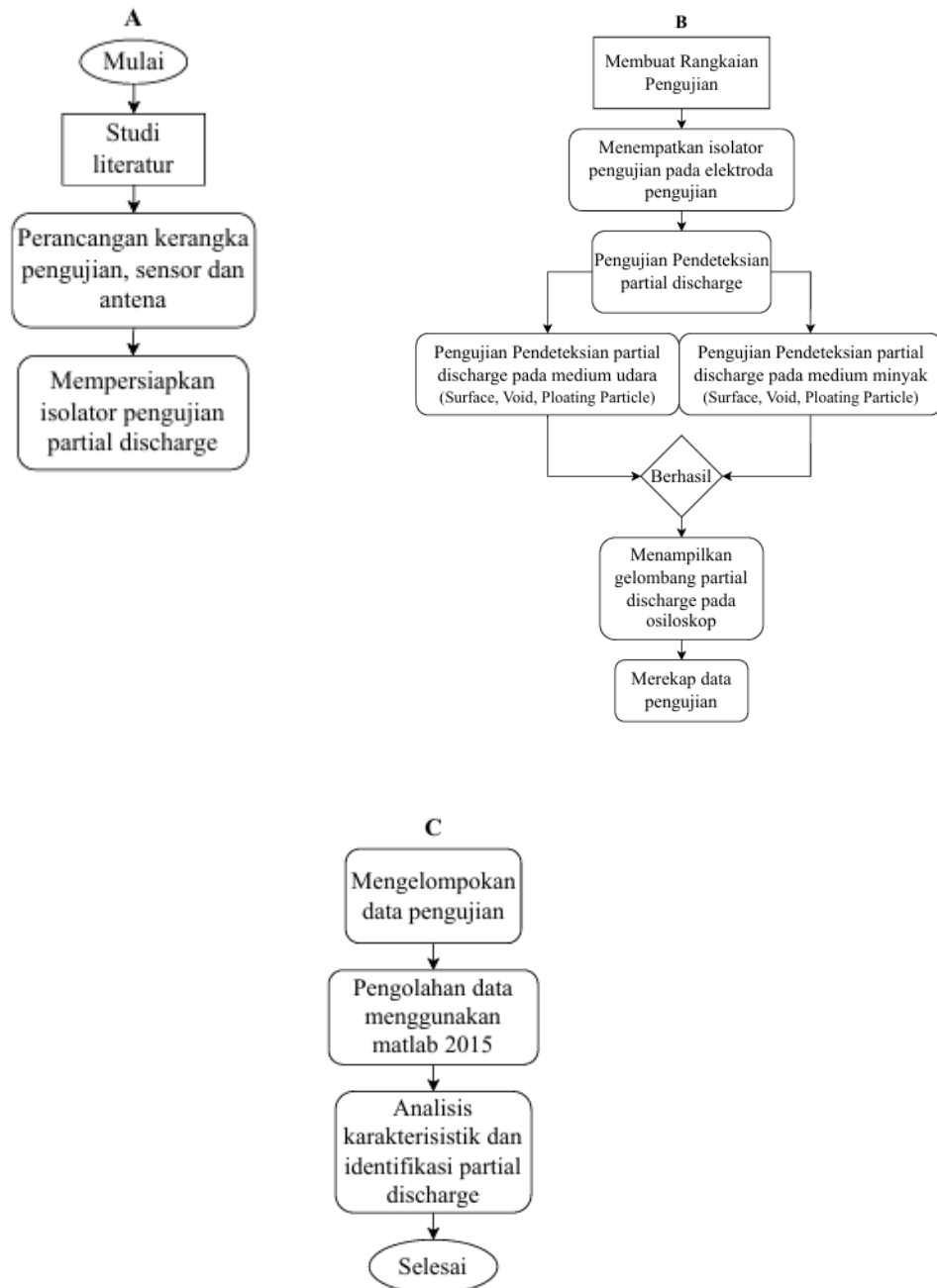
Gambar 3. 11 Hasil plot lebar sudut *phase* sinyal *partial dischrge*

- c) Pengguna menentukan batas analisis dengan mengatur tampilan grafik menggunakan xlim (batas waktu) dan ylim (batas amplitudo). Tujuan dari langkah ini adalah untuk menghilangkan bagian sinyal yang mengandung noise dan memfokuskan pada area yang menunjukkan indikasi *partial discharge*
- d) Titik-titik pada sinyal yang berada dalam rentang waktu dan amplitudo yang telah ditentukan dianggap sebagai kejadian *partial discharge*. Hanya titik-titik ini yang digunakan dalam proses analisis selanjutnya.
- e) Waktu terjadinya sinyal *partial discharge* kemudian dikonversi ke satuan sudut fase (dalam derajat)
- f) Dari distribusi sudut *phase* yang telah diperoleh, dilakukan perhitungan lebar sudut *phase* antara sudut *phase* positif dan sudut *phase* negative untuk

dilakukan identifikasi karakteristik lebar sudut *phase* masing masing sumber *partial discharge*.

3.5 Diagram alir penelitian

Adapun Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 3.12 Diagram alir penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan proses pengujian serta analisis data maka diperoleh kesimpulan yang didasarkan pada analisis data yang telah dilakukan dan saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dalam pendeteksian *partial discharge*.

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik gelombang *partial discharge* yang dihasilkan antena monopole dan HFCT menunjukkan bahwa fenomena yang terdeteksi merupakan *partial discharge*.
2. Karakteristik PD pada medium udara dan minyak menunjukkan perbedaan yang signifikan.
3. Berdasarkan hasil analisis *magnitudo*, nilai yang dihasilkan pada pengujian medium udara lebih besar dibandingkan dengan pada medium minyak.
4. Berdasarkan hasil analisis nilai energy diormalisasikan, nilai yang dihasilkan pada pengujian medium udara juga lebih besar dibandingkan dengan pada medium minyak.
5. Lebar sudut fase pada surface discharge menunjukkan bahwa polaritas positif memiliki lebar fase yang lebih besar daripada polaritas negatif. Pada void discharge, polaritas negatif memiliki lebar fase yang lebih besar daripada polaritas positif. Sedangkan pada floating particle, lebar sudut fase memiliki pola yang lebih bervariasi, namun lebih dominan pada polaritas negatif.

5.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut dapat melakukan denosing sinyal untuk menghilangkan noise sinyal *partial discharge*

2. Penelitian lebih lanjut dapat melakukan pengenalan pola partial discharge dengan menggunakan metode analisis pola *phase resolved pulse sequence* (PRPS).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Luqvi Rizki S, Herman H Sinaga, and Yul Martin, 2018; “Pendeteksian Beragam Sumber Peluahan Sebagian dengan Menggunakan Metode Elektromagnetik," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Vols. Volume 8, No. 3, pp. 4-5.
- [2] RW Putra, eat dkk, 2022; “ *Partial discharge type detection and identification based on its sources*” *IOP Conference Series: Materials Science and engineering*, no 10.1088/1757-899X/1173/1/012022
- [3] A, Wijaksono, 2020; “Analisis deteksi multi *source partial discharge* menggunakan antena pada isolasi minyak” Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [4] Suwarno, 2014; “*Partial Discharges in High Voltage Insulations*," *IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science*, no. 369-375, 2014.
- [5] Suwarno, 2011; "Diagnosis Peralatan Tegangan Tinggi dan *Smart Grid*," *Pidato Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung*".
- [6] Antonov Bachtiar and Thomas, 2018; “Evaluasi dan Analisa *Partial Discharge* Terhadap Isolator Pada Transformator Aplikasi Pada PT. Indah Kiat and Paper Perawang," *Forte Seminar Nasional Teknik Elektro*, no. ISBN 978-602-8692-34-3, pp. 21-25
- [7] M. Muhr, T. Strehl, E. Gulski, K. Feser, E. Gockenbach, And W. Hauschild,. 2006. *Sensors And Sensing Used For Non-Conventional Pd Detection*, Ref No: DI-102, Cigré
- [8] Jose Lopez-Roldan, T. Tang, And M. Gaskin, 2008; “*Optimisation Of A Sensor For Onsite Detection Of Partial Discharges In Power Transformers By The*

- Uhf Method*”, *IEEE Transaction On Dielectrics And Electrical Insulation* Vol. 15, No. 6, Pp. 1634- 1639.
- [9] Chang W Jin, Jung Y Lee, Dae W Park, Gyung S Kil, 2006; “*Detection Of Partial Discharges By a Monopole Antenna In Insulation Oil*,” *Korea Maritime University. Republik of Korea*.
- [10] IEC 60270, 2000; “*High Voltage Test Techniques Partial Discharge*” *Internasional Standard*.
- [10] Stefan Tenbohlen and Stefan Hoek, 2008; “*Partial Discharge Measurement in the Ultra High Frequency (UHF) Range*,” *IEEE*, Vols. Vol. 15, No. 6, no. 1070-9878, p. 5-7.
- [11] Artha Try Monifan, 2021; “*Uji Peluahan Partial Terhadap Kelayakan Generator*” Universitas Tidar, Magelang
- [12] A. Rodrigo Mor a, L.C. Castro Heredia , D.A. Harmsen and F.A. Muñoz, “*A new design of a test platform for testing multiple partial discharge Sources*”, *Electrical Power and Energy Systems*. Vol.94, pp.374–384, 2018.
- [13] Ricky S Sipahutar, 2021; “*Pendeteksian Dan Identifikasi Jenis Partial Discharge Dengan Metode Analisa Pola Phase Resolved Partial Discharge (PRPD)*.” Universitas Lampung
- [14] Jian Ye, Shuqing Li And Tao Li, Changzheng Xia, ; *Study On The Uhf Technique Applied In Pd Detection*. China.
- [15] Sun-Geun Goo, HyeongjunJu, Kijun Park,Kiseon Han, Jinyul Yoon. 2007; *Ultra High Frequency Spectral Characteristics Of Partial Discharge In Insulation Oil*. Korea Electric Power Research Institute. Korea