

**UJI SENSITIVITAS SENSOR FRACTAL HILBERT DENGAN
MENDETEKSI KORONA**

(Skripsi)

Oleh

ALIZAR ABDILLAH

NPM 1715031077



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

ABSTRAK

UJI SENSITIVITAS SENSOR FRAKTAL HILBERT DENGAN MENDETEKSI KORONA

Oleh

ALIZAR ABDILLAH

Intisari – Korona merupakan fenomena yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik salah satunya adalah pada transformator. Koron dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi transformator jika dibiarkan dalam periode yang cukup lama. Sehingga proses pendeteksian korona pada isolasi transformator sangat perlu dan mutlak dilakukan. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* terhadap perubahan jarak uji korona dan menganalisis pengaruh *barrier* baik dari jenis *barrier* ataupun ukuran *barrier* yang berbeda terhadap sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert*. Pada penelitian ini *barrier* yang digunakan 2 jenis yaitu alumunium dan akrilik dan masing-masing *barruer* memiliki 3 jenis ukuran yaitu 100 cm^2 , 225 cm^2 , dan 400 cm^2 . Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi dengan baik pada jarak 80 cm. untuk pengujian sensitivitas sensor terhadap perubahan ukuran *barrier* cukup baik, sebab semakin besar ukuran *barrier* maka semakin kecil daya yang di tangkap oleh sensor. sedangkan pada pengujian perubahan jenis *barrier*, sensor *Fraktal Hilbert* memiliki kesensitivitisan yang buruk.

Kata Kunci: *Fraktal Hilbert, barrier, jarak*

ABSTRACT

HILBERT FRACTAL SENSOR SENSITIVITY TEST WITH CORONA DETECTION

By

ALIZAR ABDILLAH

Abstract – Corona is a phenomenon that often occurs in electric power systems, one of which is the transformer. Corona can cause damage to transformer insulation if left for a long period of time. So that the corona detection process in transformer isolation is very necessary and absolutely necessary. This study aims to analyze the sensitivity of the Hilbert Fractal sensor to changes in the corona test distance and to analyze the effect of a barrier, both the type of barrier and the different size of the barrier on the sensitivity of the Hilbert Fractal sensor. In this study, 2 types of barriers were used, namely aluminum and acrylic and each barrier had 3 sizes, namely 100 cm², 225 cm², and 400 cm². The test results show that the sensor is able to detect properly at a distance of 80 cm. for testing the sensitivity of the sensor to changes in the size of the barrier is quite good, because the larger the size of the barrier, the smaller the power captured by the sensor. whereas in testing the change in the type of barrier, the sensor. Hilbert's Fractal sensor has poor sensitivity.

Keywords: *Hilbert Fractal, barrier, distance*

**UJI SENSITIVITAS SENSOR FRAKTAL HILBERT DENGAN
MENDETEKSI KORONA**

Oleh

ALIZAR ABDILLAH

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

Judul Skripsi : UJI SENSITIVITAS SENSOR FRAKTAL
HILBERT DENGAN MENDETEKSI KORONA
Nama Mahasiswa : Alizar Abdillah
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715031077
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



Dr. Herman H Sinaga, S.T., M.T

NIP. 19711301 199903 1 003



Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T

NIP. 19700528 199803 2 003

2. Mengetahui

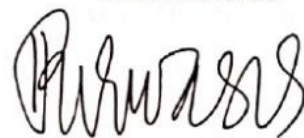
Ketua Jurusan
Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program studi
Teknik Elektro



Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

NIP. 19740422 200012 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr, Herman H Sinaga, S.T., M.T

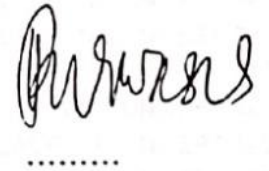


Sekretaris : Dr, Eng. Diah Permata. S.T., M.T



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr, Eng, Nining Purwasih, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc

NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Agustus 2022

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **08 Agustus 2022**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar lampung, 24 Januari 2023

Alizar Abdillah
NPM. 1715031077

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 17 Mei 1997, bertempat di Kabupaten Lamoung Barat, Provinsi Lampung. Penulis lahir sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Delmizar dan Ibu Sari.

Penulis memiliki riwayat pendidikan yaitu, MIN 3 Wates, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung pada

tahun 2003 hingga tahun 2009. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 4 Liwa, Kabupaten Lampung Barat, Lampung pada tahun 2009 hingga tahun 2012. Penulis menempuh pendidikan terakhir di SMAN 2 LIWA, Kabupaten Lampung Barat, Lampung pada tahun 2012 hingga tahun 2015. Pada tahun 2017, penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis memilih konsentrasi Teknik Tenaga Listrik. Penulis melakukan kerja praktik (KP) di PT. PLN (Persero) PLTU tarahan unit 3 dan 4, Kecamatan Tarahan, Kabupaten Lampung Selatan. Pelaksanaan terjadi pada tanggal 13 Juli 2020 sampai dengan tanggal 19 Agustus 2020 dengan membahas judul “Analisis Hasil Pengujian Keserempakan dan Tahanan Kontak Pada Vacum Circuit Breaker 6,3 Kv Pada PLTU Tarahan Lampung Selatan Unit 3 dan 4”.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Karya ini dipersembahkan untuk

Ayah dan Ibu tercinta


Delmizar dan Sari

Saudara tercinta

Yuzar Aryadi

Ariswan

Keluarga besar, dosen, teman, dan almameter.





Motto

*“Karena sesungguhnya sesudah
kesulitan itu ada kemudahan.
Sesungguhnya sesudah kesulitan
itu ada kemudahan.”(QS. Al-
Insyirah; 6-8)*



“Aku Alizar Abdillah, Versi Terbaik Dari Alizar Abdillah ”

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis memanjatkan puji serta syukur kehadiran Allah SWT yang memberikan hidayah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas akhir berjudul “Analisis Tegangan Tembus pada Minyak Jarak (*Castor Oil*) sebagai Alternatif Isolator Minyak Transformator” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Masa perkuliahan dan penelitian, penulis mendapatkan banyak hal-hal baik berupa dukungan, semangat, motivasi dan banyak hal lainnya. Maka penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilie Afriani D.E.A.IPM. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Herman H. Sinaga, S.T., M.T selaku pembimbing utama skripsi yang telah dengan sabar membimbing, memberikan ilmunya, motivasi dalam hidup dan arahnya di sela-sela kesibukan beliau.

5. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah membimbing, memberi ilmunya, semangat serta pemahaman ketelitian dalam menyusun penelitian ini.
6. Ibu . Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan saran serta kritikan yang sangat membangun dalam pengusungan skripsi.
7. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan motivasi dan arahan agar menjadi mahasiswa yang lebih baik sejak dari awal semester sampai sekarang.
8. Segenap dosen dan pegawai di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberi ilmu dan wawasan yang selalu teringat oleh penulis.
9. Ayah dan ibu tercinta, Delmizar dan Sari yang tak terhingga jasa yang telah diberikan. Hanya doa dan sedikit usaha meraih prestasi sekarang dan kedepannya serta menyelesaikan kewajiban agar terpancar senyum bangga di wajah kalian yang sangat saya impikan.
10. Kakak, Yuzar Aryadi dan Ariswan yang selama ini telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dukungan, nasehat dan do'a dalam segala aspek agar istiqomah dalam menuntut ilmu.
11. Keluarga besar Teknik Elektro Angkatan 2017 terimakasih atas segala yang telah diberikan.
12. Eka Sandra Amelia Sari yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam proses pengerjaan skripsi.

13. Rekan-rekan Himatro Unila, serta kakak-kakak dan adik-adik tingkat di jurusan Teknik Elektro.
14. Rekan-rekan asisten Lab. TTT yang telah mendukung dan membantu saya menyelesaikan skripsi ini.
15. Keluarga D yang sudah kebersamai saya selama berkuliah di jurusan Teknik Elektro.
16. Seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap sekripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 24 Januari 2023

Alizar Abdillah

DAFTAR ISI

JUDUL SKRIPSI	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Peneliti	3
1.4 Perumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
1.1 Pendeteksian <i>Partial Discharge</i> Pada Transformator Daya	5
1.2 Jenis-jenis <i>Partial Discharge</i>	6
1.3 Korona	7

1.4	Penelitian Sebelumnya	8
1.5	Jenis-jenis Sensor <i>Partial Discharge</i>	10
1.6	Sensor <i>Fraktal Hilbert</i>	11
1.7	Sensitivitas Sensor	12
BAB III METODE PENELITIAN.....		13
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2	Alat dan Bahan	13
3.3	Metode Pengujian Sensor <i>Fraktal Hilbert</i>	20
3.4	Tahap Pembuatan Tugas Akhir	21
3.5	Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Perhitungan Data.....	25
4.2	Pendeteksian Korona dengan Menggunakan Sensor <i>Fraktal Hilbert</i>	26
4.3	Pendeteksian Korona Menggunakan Sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan Mengubah Variable Jarak	29
4.4	Pendeteksian Korona Menggunakan Sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan <i>Barrier</i> Akrilik ukuran 10x10cm, 15x15cm, dan 20x20cm	30
4.5	Pendeteksian Korona Menggunakan Sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan <i>Barrier</i> Alumunium ukuran 10x10cm, 15x15cm, dan 20x20cm.....	34
4.6	Analisa Grafik Pengujian Sensor <i>Fraktal Hilbert</i>	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal arus peluahan	6
Gambar 2.2 Model <i>Fraktal Hilbert</i> orde ke-1(a), orde ke-2(b) orde ke-3(c), dan orde ke-4(d)	11
Gambar 3.1 Voltage Regulator	13
Gambar 3.2 Resistor pembatas.....	14
Gambar 3.3 Sumber PD	14
Gambar 3.4 Transformator uji.....	15
Gambar 3.5 Tangki transformator.....	15
Gambar 3.6 Sensor <i>Fraktal Hilbert</i>	16
Gambar 3.7 Roll meter.....	16
Gambar 3.8 <i>Barrier</i>	17
Gambar 3.9 <i>Speactrum analyzer</i>	18
Gambar 3.10 Tongkat <i>grounding</i>	19
Gambar 3.11 Kabel <i>grounding</i>	19
Gambar 3.12 Multimeter.....	20
Gambar 3.13 Rangkaian pengujian sensitivitas sensor terhadap sumber korona	22
Gambar 3.14 Diagram alir.....	24
Gambar 4.1 Pengujian sensitivitas sensor <i>Fraktal Hilbert</i> tanpa menggunakan <i>barrier</i>	26

Gambar 4.2 Pengujian sensitivitas sensor <i>Fraktal Hilbert</i> menggunakan <i>barrier</i> akrilik	27
Gambar 4.3 Pengujian sensitivitas sensor <i>Fraktal Hilbert</i> menggunakan <i>barrier</i> alumunium.....	27
Gambar 4.4 Full span <i>saat korona</i>	28
Gambar 4.5 Hasil pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak	29
Gambar 4.6 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> akrilik 10x10 cm	30
Gambar 4.7 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> akrilik 15x15 cm	31
Gambar 4.8 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> akrilik 20x20 cm	32
Gambar 4.9 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> alumunium 10x10 cm	35
Gambar 4.10 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> alumunium 15x15 cm	36
Gambar 4.11 Pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variable jarak menggunakan <i>barrier</i> alumunium 20x20 cm	37
Gambar 4.12 Pengujian daya rata-rata sensor terhadap perubahan jarak	39
Gambar 4.13 Pengujian daya rata-rata sensor terhadap perubahan ukuran dan jenis <i>barrier</i>	39

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan variabel jarak.....	30
Tabel 4.2 Data hasil pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan menggunakan <i>barrier</i> akrilik	34
Tabel 4.3 Data hasil pengujian sensor <i>Fraktal Hilbert</i> dengan sumber korona dengan menggunakan <i>barrier</i> alumunium	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator daya merupakan peralatan yang sangat penting dalam proses pengiriman dan pendistribusian energi listrik. Transformator daya dioperasikan dalam waktu yang kontinu dan diharapkan dapat bekerja untuk jangka yang lama, dalam beberapa puluh tahun. Selama masa kerjanya diharapkan transformator dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami penghentian operasi. Namun pada kondisi sesungguhnya isolasi pada trafo akan mengalami pemburukan. Ini dikarenakan, saat transformator bekerja akan mengalami tekanan listrik yang kontinu selama masa operasinya. Tekanan listrik yang kontinu dan ditambah dengan adanya kemungkinan tekanan listrik akibat adanya gangguan pada sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan pemburukan pada isolasi transformator. Salah satu jenis pemburukan pada isolasi transformator yang dapat terjadi akibat adanya tekanan listrik yang besar secara kontinu adalah terjadinya partial discharge.

Proses pemburukan akibat partial discharge akan mengakibatkan pelemahan kekuatan isolasi transformator tersebut. Jika proses partial discharge dibiarkan terjadi dalam jangka waktu yang lama, maka dapat memicu terjadinya kerusakan total isolasi pada lokasi terjadinya partial discharge tersebut. Sehingga proses pendeteksian terjadinya partial discharge pada isolasi transformator sangat perlu dan mutlak dilakukan.

Salah satu cara mendeteksi partial discharge adalah dengan menggunakan metode pendeteksian emisi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh sumber partial discharge. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sumber pelepasan sebagian tersebut memiliki rentang frekuensi yang sangat lebar mulai dari ratusan MHz sampai beberapa GHz. Rentang frekuensi ini terletak pada pita frekuensi Ultra High Frekuensi. Sehingga metode pendeteksian emisi gelombang elektromagnetik umum juga dikenal sebagai metode UHF.

Salah satu faktor utama dalam pendeteksian partial discharge adalah penentuan besar energi yang dimiliki oleh gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sumber peluahan. Namun terdapat tantangan dalam penentuan besar energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sumber partial discharge, terutama transformator. Sehingga upaya penentuan besar energi partial discharge sebagai upaya kalibrasi akan sangat sulit untuk dilakukan.

Berdasarkan panduan CIGRE TF 15/33.03.05 [1], mempersyaratkan uji sensitivitas sensor sebagai pengganti kalibrasi pada metode pendeteksian partial discharge dengan metode UHF. Dalam penelitian ini, uji sensitivitas sensor untuk mendeteksi partial discharge dilakukan dengan menempatkan sensor dan sumber partial discharge dengan jarak yang berbeda-beda. Juga beberapa jenis penghalang ditempatkan diantara sensor dan sumber partial discharge. Sensitivitas sensor ditentukan untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap besar energi partial discharge yang ditangkap sensor. Juga untuk mengetahui pengaruh jenis penghalang antara sumber partial discharge dengan sensor terhadap besar energi yang ditangkap oleh sensor.

Dalam penelitian ini sumber sinyal elektromagnetik yang dipergunakan adalah Korona dan sensor yang dipergunakan adalah sensor fractal Hilbert. Penggunaan sumber Korona karena sumber korona menghasilkan pulsa elektromagnetik dengan magnitude yang relatif stabil. Sensor yang diuji menggunakan sensor fractal Hilbert orde 4 dengan diameter 10 cm.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* terhadap sumber korona dengan variabel uji berupa jarak.
2. Menganalisis sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* terhadap perubahan ukuran barrier.
3. Membandingkan sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* terhadap sumber korona dengan variabel uji berupa jenis penghalang: aluminium dan akrilik.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui sensitivitas sebuah sensor *Fraktal Hilbert* untuk digunakan dalam sistem pendeteksian PD pada transformator daya pada subsistem sistem tenaga listrik.

1.4 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perubahan jarak terhadap kemampuan sensor *Fraktal Hilbert*.
2. Bagaimana pengaruh perbedaan jenis penghalang terhadap kemampuan sensor *Fraktal Hilbert*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Dalam proses pendeteksian digunakan sensor *Fraktal Hilbert*.
2. Barrier yang digunakan adalah aluminium dan akrilik.
3. Sumber peluahan yang digunakan adalah peluahan tipe korona.
4. Jarak pengujian sensor *Fraktal Hilbert* dengan sumber korona mengikuti dimensi kotak transformator.
5. Tidak memperhatikan pantulan sinyal di luar dimensi transformator.

1.6 Hipotesis

Penempatan sensor *Fraktal Hilbert* untuk mendeteksi proses terjadinya korona pada transformator daya biasanya diletakan di posisi tertentu. Karena proses korona dapat terjadi dimana saja di dalam tangki transformator, lintasan sinyal elektromagnetik dari sumber korona ke lokasi sensor akan dipengaruhi oleh struktur komponen di dalam transformator, adanya penghalang akan mempengaruhi sensitivitas sensor dalam pendeteksian *partial discharge* namun sensor tetap mampu mendeteksi sinyal *partial discharge*.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan tugas akhir ini, maka tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:

BAB 1. PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TUJUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori dasar timbulnya partial discharge hingga proses pendeteksian partial discharge itu sendiri.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang digunakan, serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil penelitian, pembahasan dan perhitungan kerja yang diusulkan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendeteksian Partial Discharge pada Transformator Daya

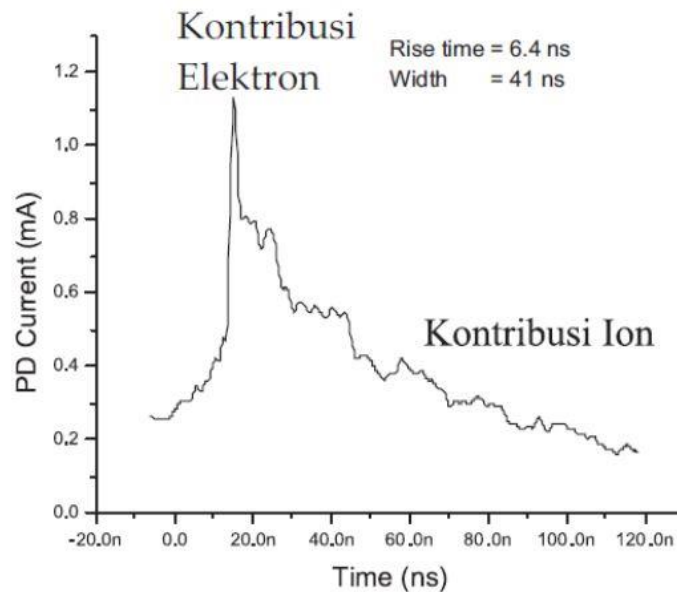
Transformator daya merupakan peralatan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Fungsi utama dari transformator adalah untuk mengubah level tegangan dari satu level tegangan ke level tegangan lainnya dalam sistem pendistribusian tenaga listrik. Apabila terjadi kerusakan pada transformator akan menyebabkan penyaluran listrik menjadi terganggu [1]. Keberlangsungan operasi transformator sangat bergantung pada umur dan kualitas sistem isolasinya. Penurunan kualitas isolasi pada transformator salah satunya diakibatkan karena adanya proses *partial discharge* yang terjadi secara kontinu jika hal ini terus terjadi maka akan menurunkan kualitas isolasi dan mengakibatkan berkurangnya umur penggunaan transformator. Oleh karena itu diperlukan sistem pendeteksian *partial discharge* (PD) secara efisien dan cepat agar segera mendapatkan penanganan perbaikan, sehingga transformator tidak mengalami kerusakan.

Saat ini, metode pendeteksian PD dengan menggunakan sensor *Ultra High Frequency* telah banyak digunakan para peneliti dikarenakan sensor UHF memiliki kelebihan dalam aspek ketebalan terhadap interferensi elektromagnetik eksternal dan memiliki nilai sensitivitas yang baik untuk menangkap frekuensi tinggi dan sangat pas untuk pengujian pada kondisi sesungguhnya [2].

Sensor UHF digunakan untuk pendeteksian *partial discharge*. Dikarenakan proses terjadinya PD menyebabkan pelepasan listrik yang sangat cepat dan memancarkan gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi UHF dari 300 MHz hingga 3 GHz [3]. Saat ini, ada beberapa sensor UHF yang telah digunakan untuk pendeteksian PD di dalam kondisi online dan percobaan pada transformator daya bertegangan tinggi [4][6], salah satu sensor yang digunakan dalam proteksi PD adalah sensor *Fraktal Hilbert*.

2.2 Jenis-jenis *Partial Discharge*

Partial discharge tidak akan terjadi hingga tersedia electron awal yang akan memulai proses PD. Pergerakan elektron dan ion positif berkontribusi terhadap arus peluahan masing-masing untuk bagian waktu daki (*rise time*) dan bagian ekor. Tipikal arus peluahan adalah berupa μA sampai Ma dalam waktu beberapa ns



Gambar 2.1 Tipikal arus peluahan

Tipikal arus peluahan pada susunan elektroda jarum ogura 3 m di udara ditunjukkan pada gambar 2.1. bagian muka hingga puncak gelombang merupakan arus elektroda dengan kecepatan tinggi sedangkan bagian ekor merupakan arus ion positif dengan kecepatan yang rendah [7]. Dilihat dari bentuk gelombang di atas bahwa arus daki pada PD lebih cepat naik daripada waktu turun yang relatif lebih lama. Hal tersebut adalah karakteristik dari PD. PD itu sendiri memiliki 4 tipe yaitu [8]

1. *Internal discharge* (peluahan di dalam)
2. *Surface discharge* (peluahan pada permukaan)
3. *Corona discharge* (peluahan korona)

Contoh *internal discharge* biasanya terjadi pada rongga-rongga di dalam isolator bentuk, ukuran, dan posisi rongga pada isolator berimbas pada besar dan nilai *partial discharge*. *Surface discharge* terjadi pada permukaan isolator dengan jarak

kebocoran yang relatif singkat antara elektroda di bawah medan listrik yang tinggi. Sumber yang terakhir adalah korona, korona biasanya terjadi pada ujung konduktor jika ada tonjolan atau runcing (biasanya pada permukaan). Setiap pelepasan terjadi dengan proses tertentu. Pola PD dari masing-masing sumber dapat menunjukkan sifat spesifik (4). Dari ke 4 PD tersebut korona adalah sumber peluahan dengan sinyal paling setabil.

2.3 Korona

Adanya ujung atau tepian tajam, permukaan yang kasar atau radius yang terlalu kecil pada elektroda akan meningkatkan tekanan medan listrik pada tempat tersebut. Tekanan yang terjadi dapat mencapai 10 kali lebih besar dari tekanan medan listrik rata-rata [9]. Tekanan yang tinggi ini dapat memicu terjadinya proses ionisasi sehingga menghasilkan peluahan yang disebut peluahan korona. Peluahan terjadi di sekitaran ujung runcing (tanpa menjembatani sela) di antara elektroda tersebut dengan elektroda terdekat lainnya. Korona terjadi ketika gradien tekanan melebihi nilai tertentu.

Salah satu isolator listrik yang cukup baik adalah udara. Jika proses pelepasan muatan itu terjadi pada isolator udara maupun gas maka akan terjadi ionisasi. Proses ionisasi itu sendiri meliputi dua hal, antara lain proses pembangkitan dan kehilangan ion, baik yang terjadi dalam bentuk tunggal maupun kombinasi. proses pembangkitan ion antara lain melalui: tumbukan antara elektron, fotoionisasi, ionisasi oleh tumbukan ion-positif, ionisasi termal, pelepasan elektron, ionisasi komulatif, dan efek sekunder. Sedangkan proses kehilangan ion antara lain dengan cara: pengubahan elektron, rekombinasi, dan difusi.

Pada sistem yang menggunakan tegangan tinggi sering kita temui fenomena korona. Korona biasanya terjadi sebelum terjadinya proses kegagalan pada suatu ionisasi yang disebut *breakdown*. Dengan adanya realitas ini, korona sering disebut juga sebagai peristiwa pelepasan sebagian. Pada peristiwa korona sering kita temui berupa fenomena seperti timbulnya cahaya dan bunyi-bunyi desis pada peralatan tersebut, atau bahkan hingga menghasilkan lompatan-lompatan listrik yang kecil. Timbulnya cahaya dan bunyi pada isolator udara disebabkan dari pergerakan

elektron di udara akibat terjadinya ionisasi pada medium tersebut. Ionisasi ini terjadi akibat dari tegangan yang telah diterapkan pada konduktor (elektroda).

Fenomena korona dapat kita analogikan dengan proses kegagalan udara sebagai isolator yaitu proses pelepasan muatan yang terjadi apabila terdapat beda potensial pada konduktor tersebut. Perbedaan potensial ini akan mengakibatkan partikel-partikel yang berbeda di sekitar penghantar akan mengalami proses ionisasi. Meskipun demikian, tetap ada perbedaan yang cukup signifikan antara korona dan *sparkover* pada udara atau gas. Besarnya tegangan yang diterapkan untuk terjadinya korona tidak sama dengan tegangan yang dibutuhkan untuk terjadinya kegagalan ionisasi (*sparkover* atau *flashover*) pada sebuah peralatan. Selain itu proses kegagalan atau *sparkover* dapat menimbulkan kerusakan pada isolasi secara langsung atau seketika. Namun pada proses korona, isolasi akan mengalami kerusakan secara langsung atau setidaknya mengalami suatu proses yang cukup lama.

Pada kondisi tertentu, nilai tegangan yang diterapkan pada penghantar dapat mengakibatkan terjadinya korona. Nilai tegangan dengan beberapa kilovolt akan menimbulkan medan listrik di sekeliling kawat penghantar. Di daerah dengan intensitas medan yang tinggi, akan terlihat perbedaan antara titik korona (yakni titik bercahaya sepanjang suatu penghantar) dan sampul korona (sampul cahaya mengelilingi penghantar).

Terjadinya korona pada satu penghantar (elektroda) dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kondisi udara, keadaan permukaan kawat penghantar, jenis penghantar, jarak antara penghantar, dan diameter kawat penghantar. Dengan demikian perlu dipahami bagaimana pengaruh dari masing-masing kondisi tersebut terhadap terbentuknya korona pada suatu elektroda penghantar.

2.4 Penelitian Sebelumnya

Dalam proses pengujian sensitivitas ada beberapa metode yang dapat dilakukan. Metode pendeteksian korona dapat dibedakan atas dua kelompok yaitu konvensional dan non-konvensional [10]. Pendeteksian dengan menggunakan metode konvensional atau dikenal dengan standar IEC 60270 mendeteksi peluahan

dengan metode kopling langsung. Namun metode ini memiliki kelemahan mendasar yakni besarnya *nois* (gangguan) yang juga akan terukur ketika pengukuran dilakukan di lapangan terbuka. Metode non konvensional terdiri atas beragam jenis, diantaranya metode *dissolved gas analysis* (DGA), *acoustic detection*, *chemical detection* dan elektromagnetik.

Secara garis besar, semua metode yang tidak mengikuti prosedur IEC 60270 dianggap sebagai metode non konvensional. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan metode elektromagnetik. Metode ini dilakukan dengan memanfaatkan radiasi gelombang *Ultra High Frequency* (UHF) sehingga dapat dideteksi proses terjadinya *partial discharge* tipe korona. Pendeteksian korona non-konvensional terdiri dari tiga jenis, yaitu:

- a. Pendeteksian elektromagnetik
 - *High Frequency* (3 MHz - 300 MHz)
 - *Ultra High Frequency* (300 MHz - 3 GHz)
- b. Pendeteksian emisi suara (10 KHz - 300 KHz)
- c. Pendeteksian secara optik.

Pada penelitian ini menggunakan pendeteksian elektromagnetik dengan jenis *Ultra High Frequency* dengan menggunakan sensor *Fraktal Hilbert*.

Berikut beberapa penelitian pendeteksian *partial discharge* dengan menggunakan sensor *Fraktal Hilbert*.

1. Pada penelitian yang berjudul *Hilbert Fractal UHF Sensor Based on Partial Discharge Detection Signal for On-line Condition Monitoring in Power Transformer* membahas tentang pengujian sensitivitas sensor *fractal Hilbert*. Penelitian tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa Sensor UHF menunjukkan kinerja yang baik yang memenuhi persyaratan ukuran dan *bandwidth* yang efektif. Namun pada penelitian ini tidak menguji kondisi sensor saat diberi penghalang antara sensor dengan sumber peluahan.
2. penelitian sebelumnya oleh Rizky Wahyudha Putra (2020), yang berjudul *pendeteksian dan Identifikasi Jenis Partial Discharge Berdasarkan Sumber*

Peluhannya. Pada penelitian ini dibuat alat sensor *Fractal Hilbert* dan diuji fungsionalnya. Dari hasil penelitian tersebut dihasilkan kesimpulan bahwa sensor *Fraktal Hilbert* mampu mendeteksi proses terjadinya peluahan dan mampu membaca jenis-jenis *Partial Discharge* berdasarkan bentuk gelombangnya, namun dalam penelitian tersebut belum ditentukan nilai maksimum dari sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert*. Sehingga diperlukannya pengujian sensitivitas sensor agar dapat mengetahui batas maksimum kinerja sensor dalam mendeteksi sumber peluahan.

2.5 Jenis-jenis Sensor dalam Mendeteksi Adanya *Partial Discharge*

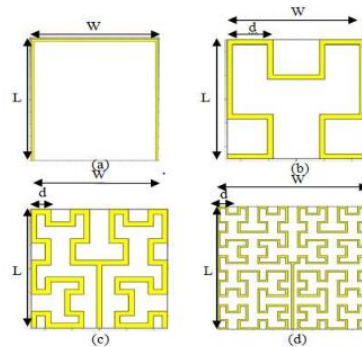
Dalam pendeteksian *partial discharge* (PD) ada beberapa jenis sensor yang dapat digunakan untuk mengetahui terjadinya PD diantaranya

1. Sensor microphone adalah sebuah sensor untuk mendeteksi gelombang suara pada bidang yang dideteksi atau yang diukur [11]. Sensor microphone dapat mengukur serta memiliki amplifier sendiri saat pengukuran gelombang suara. Amplifier pada sensor dapat dioperasikan secara manual.
2. RC Detector adalah metode untuk mengukur tegangan secara langsung berdasarkan munculnya arus bocor dari fenomena *partial discharge* RC detector ini digunakan untuk mengonversi arus frekuensi tinggi yang telah dialirkan oleh kopling kapasitor menjadi tegangan.
3. Sensor *ultrasonic* adalah komponen elektronika merupakan sensor yang dapat digunakan mendeteksi frekuensi sinyal dan *track* yang muncul sebelum terjadi hubung singkat yang dapat memicu terjadinya kebakaran. Sensor *ultrasonic* adalah sensor yang bekerja pada frekuensi 40 kHz sampai 4 MHz. Sensor ini biasanya terdiri dari dua pasang komponen sensor yaitu berupa pemancar dan penerima, untuk mendeteksi sinyal masuk dari isolasi yang mengalami peluahan digunakan bagian penerima.
4. Sensor *fraktal Hilbert* digunakan untuk mendeteksi perbedaan jenis *Partial Discharge* dalam sistem isolasi kertas minyak. Setiap jenis sinyal PD dapat ditangkap oleh *fraktal Hilbert* orde ke-4. Menghadirkan sensor *fraktal Hilbert* ke-4 sebagai sensor UHF yang paling cocok karena ukuran dan frekuensinya untuk deteksi PD dalam sebuah transformator.

2.6 Sensor *Fraktal Hilbert*

Dalam pendeteksian korona, dibutuhkan suatu sensor yang dapat bekerja mendeteksi sinyal elektromagnetik pada frekuensi tinggi, adapun salah satu sensor yang memenuhi kriteria tersebut adalah sensor *Fraktal Hilbert* sensor ini merupakan tipe antena *micro-strip* yang menggunakan pola fraktal kontinu dalam menangkap radiasi elektromagnetik yang dihasilkan PD [11].

Sensor *Fraktal Hilbert* memiliki tingkatan kurva fraktal kontinu yang dimulai dari orde ke-1 hingga orde ke-4. Semakin besar tingkat fraktal, maka semakin besar *gain* yang dihasilkan pada sensor [12], adapun tingkatan fraktal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1



Dalam penggunaannya, kinerja sensor ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu

Gambar 2.2 model *Fraktal Hilbert* orde ke-1(a), orde ke-2(b) orde ke-3(c), dan orde ke-4(d)

seperti luas permukaan (L), panjang segmen (d), jumlah segmen (S), dan *curve orde*(n). secara umum, parameter tersebut dapat dihitung dengan menggunakan beberapa persamaan berikut:

$$d = \frac{L}{2^n - 1} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$L = (2^n - 1)d \dots \dots \dots (2.2)$$

Sensor *Fraktal Hilbert* merupakan sensor UHF jenis antena *micri-strip* yang tersusun atas beberapa bagian, diantaranya yaitu *ground-plan*, *substrat*, dan *patch*. *Patch* merupakan bagian berupa konduktor yang meradiasikan gelombang elektromagnetik.

2.7 Sensitivitas Sensor

Penempatan sensor *Fraktal Hilbert* untuk mendeteksi peluahan sebagian biasanya bersifat tetap. Lokasi pemasangan sensor bergantung pada tipe sensor yang digunakan dan konstruksi transformator. Karena peluahan dapat terjadi di mana saja didalam tangki transformator, lintasan sinyal elektromagnetik dari sumber peluahan sebagian ke lokasi sensor akan dipengaruhi oleh struktur komponen bagian dalam transformator. Lintasan sinyal juga dipengaruhi oleh kepadatan minyak isolasi didalam tangki transformator yang jika akan terpengaruh oleh perubahan temperatur. Bagian-bagian bertegangan dalam tangki transformator juga akan mengganggu lintasan sinyal elektromagnetik dan mengakibatkan atenuasi sinyal sehingga kekuatan sinyal tidak linier terhadap jarak. Hal tersebut akan mengakibatkan konversi magnitudo sinyal kebesaran ekuivalen level picroColumbe sangat sulit dilakukan [13].

Penentuan lokasi terjadinya peluahan sebagian menggunakan metode *Fraktal Hilbert* dilakukan dengan menggunakan sensor yang menangkap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan sumber peluahan sebagian. Di dalam medium minyak transformator, sinyal tersebut akan merambat lebih rendah dari kecepatan cahaya, namun masih sangat cepat (mencapai $\sim 2 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$). Hal ini akan menyebabkan kesulitan dalam pengukurannya terutama diakibatkan oleh kenyataan dimensi tangki transformator yang sangat terbatas. Dimensi tangki transformator daya biasanya hanya dalam beberapa meter, sehingga waktu berjalan sinyal elektromagnetik hanya dalam orde beberapa nano detik saja

Dalam pendeteksian PD tipe korona digunakan Sensor *Fraktal Hilbert*, sensor ini dapat menangkap gelombang elektromagnetik dari berbagai objek. Gelombang elektromagnetik yang berasal dari PD. Hal mendasar dalam desain sensor *Fraktal Hilbert* adalah untuk menyesuaikan frekuensi kerja sensor sehingga berada dalam rating frekuensi PD gelombang elektromagnetik yang diinduksi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Mei 2021 yang bertempat di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Voltage Regulator

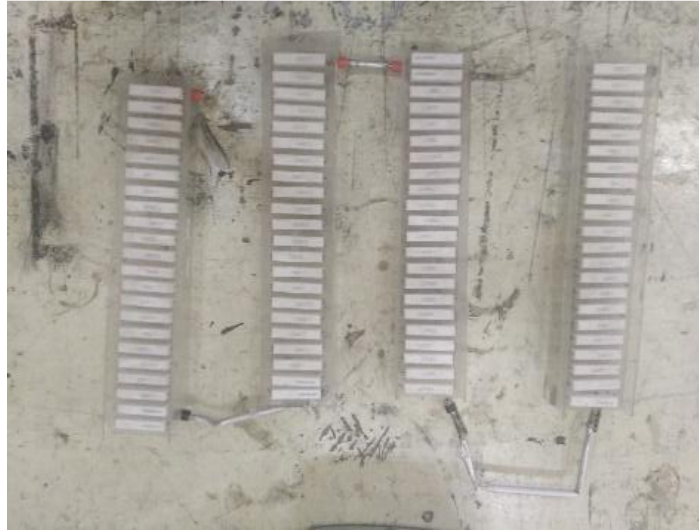
Voltage Regulator digunakan untuk mengatur tegangan keluar yang diinput dari sumber PLN ke transformator uji. *Voltage Regulator* ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Voltage Regulator

2. Resistor Pembatas

Resistor pembatas digunakan untuk menurunkan arus yang dibangkitkan oleh transformator tegangan sebelum masuk ke sumber peluahan. Resistor pembatas yang digunakan memiliki besar hambatan 400 kOhm. Resistor pembatas ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Resistor pembatas

3. Sumber *Partial Discharge* (PD)

Sumber PD yang dilakukan pada penelitian ini adalah sumber korona (*corona*) yang terdiri dari elektroda batang dengan permukaan runcing dan elektroda plat dengan dibatasi isolator udara dengan jarak 5 mm. Pada elektroda batang terhubung ke sumber tegangan dan elektroda plat terhubung ke *grounding*. Sumber PD ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sumber PD

4. Transformator Uji

Transformator uji digunakan untuk menaikkan tegangan dari PLN untuk membangkitkan peluahan sebagian. Transformator uji yang digunakan adalah transformator tegangan dengan kapasitas 220V/20KV. Transformator tegangan ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Transformator Uji

5. Tangki Transformator

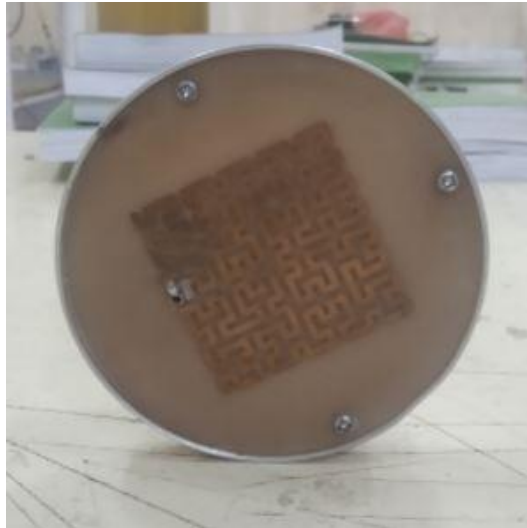
Tangki transformator digunakan untuk memodelkan transformator yang digunakan. Tangki transformator memiliki ukuran panjang sebesar 1,2 m, lebar 0,8 m, dan tinggi 1 m. Tangki ini terbuat dari logam dan dilapisi cat. Pada tangki transformator ditambahkan *bushing* yang berfungsi sebagai isolator, yaitu untuk melindungi tangki transformator saat diberikan tegangan dari transformator uji. Tangki transformator ditunjukkan pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Tangki Transformator

6. Sensor *Fraktal Hilbert*

Sensor *Fraktal Hilbert* digunakan untuk mendeteksi medan elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sumber PD. *Output* dari sensor ini masuk ke *spectrum analyzer* untuk melihat gelombang yang dihasilkan oleh sensor. Sensor *Fraktal Hilbert* ditunjukkan pada gambar 3.6



Gambar 3.6 sensor *Fraktal Hilbert*

7. *Roll Meter*

Roll Meter digunakan untuk mengukur jarak antara sumber *corona* dengan sensor, sensor dengan *barrier*, dan juga *barrier* dengan sumber korona.



Gambar 3.7 *Roll Meter*

8. *Barrier* (penghalang)

Barrier digunakan untuk menghalangi sumber korona agar tidak langsung menuju sensor *Fraktal Hilbert*, *barrier* diletakan diantara sumber korona dengan sensor, dalam penelitian ini terdapat dua jenis *barrier* yaitu *barrier* yang terbuat dari bahan akrilik dan *barrier* yang terbuat dari bahan alumunium.



Gambar 3.8 *Barrier*

9. *Spectrum analyzer*

Spectrum analyzer berfungsi untuk menampilkan spektrum elektromagnetik yang direkam oleh sensor *Fraktal Hilbert*. File data gelombang yang direkam oleh sensor kemudian disimpan untuk kemudian dianalisis lebih lanjut. *Spectrum analyzer* ditunjukkan pada gambar 3.9



Gambar 3.9 *Spectrum analyzer*

10. Software MATLAB

Software MATLAB digunakan untuk menampilkan data yang sudah diolah di EXCEL lalu di tampilkan dalam bentuk grafik dengan membuat *source code* terlebih dahulu. MATLAB akan menampilkan gambar daya yang direkam oleh sensor terhadap perubahan jarak kemudian dianalisis.

11. *Grounding*

Grounding berfungsi memberikan perlindungan pada seluruh sistem rangkaian jika terdapat muatan listrik berlebih atau hubung singkat pada rangkaian, sehingga peralatan yang digunakan tidak mengalami kerusakan dan memberikan keselamatan terhadap manusia yang berada di sekitar sistem rangkaian tersebut, peralatan *grounding* yang digunakan yaitu:

a. Tongkat *Grounding*

Tongkat *Grounding* terbuat dari pipa paralon dengan panjang kurang lebih 1,5 meter yang dalamnya terpasang besi dan kabel yang terhubung ke kabel *Grounding*. Alat ini berfungsi untuk memberikan keamanan lebih terhadap rangkaian ketika dalam kondisi tidak dioperasikan, serta memberikan

keselamatan terhadap penguji alat yang ingin merapikan atau merangkai ulang rangkaian sumber korona. Tongkat *grounding* ditunjukkan pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Tongkat *grounding*

b. Kabel *grounding*

Kabel *grounding* berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke tanah atau ke bumi jika terjadi arus lebih atau hubung singkat pada rangkaian. Kabel *grounding* ditunjukkan pada gambar 3.11



Gambar 3.11 kabel *grounding*

12. Multimeter

Multimeter yang digunakan adalah multimeter digital. Alat ini sebagai pengukuran tegangan keluaran dari *Voltage Regulator* sebelum masuk ke transformator daya. Multimeter ditunjukkan pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Multimeter

3.3 Metode Pengujian Sensor *Fraktal Hilbert*

Ada tiga metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan sensitivitas sensor terhadap proses terjadinya korona, yaitu:

1. Tanpa *Barrier*.

Di mana sumber terjadinya korona dengan sensor tidak diberi penghalang sehingga gelombang elektromagnetik langsung menuju sensor, lalu untuk mengetahui nilai sensitivitas dari sensornya dilakukan perubahan jarak di setiap pengujian. Jarak yang diambil antara sensor ke sumber korona adalah: 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm.

2. Menggunakan *Barrier* Alumunium

Untuk pengujian kedua digunakan *barrier* alumunium. Penggunaan *barrier* alumunium ini untuk melihat seberapa besar pengaruh *barrier* yang memiliki nilai konduktivitas yang tinggi terhadap kemampuan sensor menerima sinyal frekuensi dari sumber korona. Dalam pengujian, *barrier* di letakkan di antara sensor dan sumber korona.

3. Menggunakan *Barrier* Akrilik

Untuk pengujian ketiga digunakannya *barrier* akrilik. Penggunaan *barrier* ini bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh *barrier* yang memiliki nilai isolator yg tinggi terhadap kemampuan sensor menerima sinyal frekuensi dari sumber korona. Dalam pengujian ini, *barrier* diletakan di antara sensor dan sumber korona.

3.4 Tahap Pembuatan Tugas Akhir

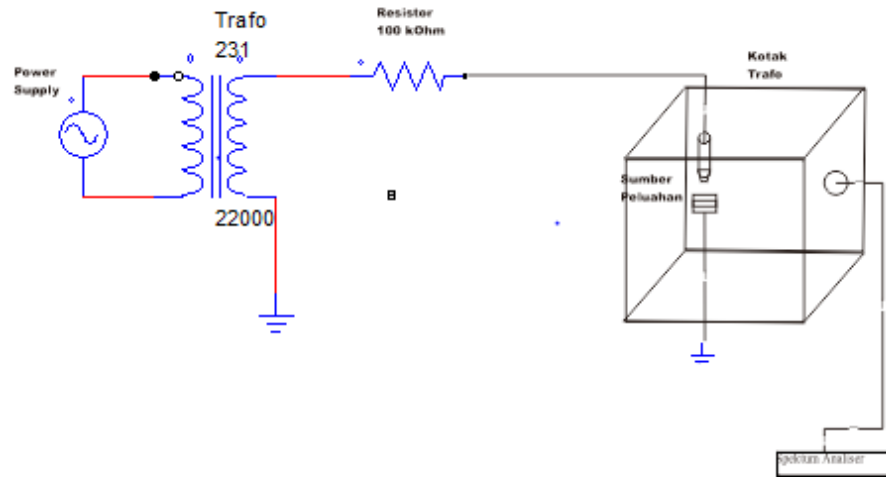
Tahapan pembuatan tugas akhir merupakan langkah-langkah yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Studi Literatur

Tahapan studi Literatur ini merupakan langkah-langkah kegiatan untuk mempelajari berbagai referensi sebagai acuan dari sumber melalui buku-buku, jurnal ilmiah, dan internet *e-book* untuk mendapatkan pemahaman pendukung mengenai cara perancangan, cara kerja, dan desain serta perancangan rangkaian pengujian sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* terhadap PD tipe korona.

3.4.2 Membuat rangkaian pengujian

Rangkaian pengujian sensitivitas sensor terhadap proses PD tipe korona



Gambar 3.13 Rangkaian pengujian sensitivitas sensor terhadap sumber korona

Pada pengujian sensitivitas sensor *fraktal Hilbert* dilakukan dengan membuat rangkaian pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 3.1, di mana dalam pengujian ini tegangan dari sumber PLN menuju *Voltage regulator* untuk diatur tegangan outputnya sebelum menuju ke kumparan primer pada Transformator, lalu output tegangan pada transformator daya menuju resistor 400 kOhm yang bertujuan untuk mengurangi arus yang akan menuju ke sumber korona agar pada elektroda batang hanya memiliki tegangan tembus yang besar, saat terjadi korona pada sumber PD maka akan timbul medan elektromagnetik yang tersebar ke segala arah, dan membagi medan elektromagnetik tersebut menuju sensor *Fractal Hilbert*.

3.4.3 Pengambilan Data

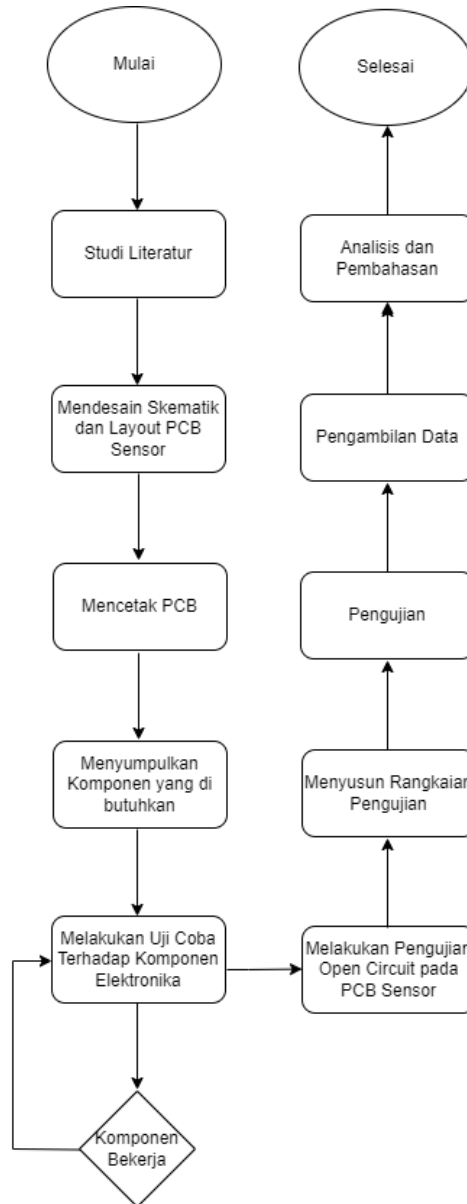
Proses pengambilan data dilakukan dengan beberapa langkah, yaitu:

- Rangkaian pengujian disusun sesuai dengan gambar 3.13
- Menyalakan *spectrum analyzer*
- Menghubungkan kabel *output* sensor dengan *spectrum analyzer*, port yang digunakan adalah *RF input*.

- d. Pada *function keys* di menu *control* tekan tombol *span*, pilih *full span*
- e. Pada menu *control* tekan Amplitudo, atur *ref* -30 dBm, *attenuator* 0 Db dan *Preamp on*.
- f. Pada menu *setting*, tekan tombol Bw atur RWB 1 MHz, VBW 3MHz.
- g. Tekan tombol *Trace*, pilih *max hold*.
- h. Menyalakan sumber korona.
- i. Menaikan tegangan sumber secara perlahan.
- j. Mengamati perbedaan sinyal setelah ada korona.
- k. Tekan tombol *span*, pilih *zero span*.
- l. Simpan sinyal dengan memilih file pada menu sistem, pilih tipe data csv, selanjutnya menekan tombol *save* dan membuat nama *file* dan *enter*.
- m. Matikan sumber tegangan.
- n. Pada menu *control*, tekan tombol *span* dan pilih *full span*.
- o. Ulangi langkah h-n dengan sampel pengujian yang berbeda.

3.5 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

Berdasarkan prosedur penelitian mengenai sensitivitas sensor *Fractal Hilbert* terhadap proses terjadinya korona, adapun diagram alir penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.14 Diagram Alir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa sensor bekerja dengan baik sebab saat daya yang diterima sensor saat tanpa adanya barrier lebih besar dari pada saat menggunakan *barrier*, jadi sensor FH dapat mendeteksi ada atau tidaknya *barrier*
2. Sensor *fraktal Hilbert* memiliki sensitivitas yang baik pada perubahan jarak karena dapat dilihat pada gambar bahwa semakin jauh sumber korona maka semakin kecil daya yang diterima sensor, namun nilai sensitivitas sensor terhadap jarak hanya maksimal pada jarak 80 cm, sebab pada jarak 100 cm nilai daya yang diterima sensor melonjak naik.
3. Hasil analisis pengujian sensor terhadap perubahan jenis *barrier* akrilik dan aluminium menunjukkan bahwa sensor *fraktal Hilbert* memiliki kesensitivitasan yang buruk, sebab dari gambar 4.13 nilai daya yang diterima sensor FH selalu fluktuatif untuk kedua jenis *barrier* tersebut, tidak ada yang menunjukkan bahwa saat terpasang *barrier* akrilik daya yang diterima sensor selalu lebih baik di bandingkan saat menggunakan *barrier* aluminium ataupun sebaliknya.
4. sensitivitas sensor *fraktal Hilbert* terhadap perubahan ukuran *barrier* cukup baik, sebab semakin besar ukuran *barrier* maka semakin kecil nilai daya yang ditangkap oleh sensor.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya

1. Ukuran kotak transformator sebaiknya lebih besar agar lebih banyak variabel jarak yang bisa di uji, dan mampu melakukan pengujian sensitivitas sensor *Fraktal Hilbert* dengan jarak yang lebih jauh.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan variabel *barrier* yang lebih bervariasi dari segi ukuran dan juga jenis penghalang yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*, no. PDM/PG1/01, Jakarta Selatan, Indonesia : Dokumen PT PLN (Persero). 2014
- [2] Khayam and F. Alfaruq. "Design of Hilbert antenna as partial discharge sensor," *J.phys. conf. ser.*, vol. 1019, no. 1, 2018
- [3] A.H. Zahed et al., "Design of Hilbert antenna for partial discharge detection and classification." *2015 4th int. Cinf. Electr. Power Energy Convers. Syst. EPECS 2015*, pp 1-4, 2015.
- [4] M.A. Darmawan and U. khayam, "Design, simulation, and fabrication of second, third, and fourth order Hilbert antenna as ultra high frequency partial discharge sensor," *Proc. – jt. Int. conf. Elestr. Veh. Technol. Ind. Mech. Electr. Chem. Eng. ICEVT IMECE 2015*, vol. 1. No 3, pp. 319-322, 2016.
- [5] S.B. Sekar, "Design and analysis of 5.2 GHz fractal rectangular microstrip patch antenna using Hilbert curve," *PROC. 2017 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WISPNET 2017*, vol. 2018, no. 3, pp. 1-5, 2018
- [6] R.Albarracin, J. A. Ardila-Rey, and A. A Mas'Ud,"On the use of a monopole antenna for determining the effect of the enclosure of a power transformer tank in partial discharge electromagnetic propagation," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 2. 1-18, 2016.
- [7] Suwarno, *partial discharges in High Voltage Insulations*, 2014 IEEE International Conference on Electron Engineering and Computer Science pp.369-357.
- [8] Suwarno, *Diagnosis Paralatan Tegangan Tinggi dan Smart Grid*, 2011. Pidato Ilmu Guru Besar Institut Teknologi Bandung.
- [9] M. Muh, T. Strehl, E. Gulski, K. Feser, E. Gockenbach, and W.Hauschild. (2006). Sensor And Sensing Used For Non-Conventional Pd Detection, Ref no; D1-102, Cigre.
- [10] V. P. Darabad, "Data Mining on Partial Discharge Signals of Power Transformer's defect Model," *Euro. Trans. Electr. Power*, 2012.
- [11] A.Solihin, J. Nainggolan, dan D. Despa, *Karakteristik Peluahan Sebagian (partial discharge) Pada Isolasi Karet Silikon (Silicone Rubber) Menggunakan Sensor Emisi Akustik*, Bandar Lampung 2013.

- [12] R. Bartnikas, "Partial Discharge, detection and Measurement," *IEEE*, Vol.9, 2002.
- [13] S. Coenen, S. Tenbohlen, S. M. Markalous, and T. Strehl, "Sensitivity of UHF PD measurements in power transformers", *IEEE Transactions on Dielectrics and Elektron Insulation*, vol. 15, no. 6, pp. 1153-1158, 2008.
- [14] CIGRE TF 15/33.03.05, "PD Detection System for GIS: Sensitivity Verification for the UHF Method and the Acoustic Method", *Electra* No.183, 1999.