

**DESAIN DAN PEMBUATAN SENSOR KOPLING KAPASITIF UNTUK  
MENDETEKSI PELUAHAN SEBAGIAN PADA KABEL DAYA**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**ASWIN HIDAYAT**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRAK**

### **DESAIN DAN PEMBUATAN SENSOR KOPLING KAPASITIF UNTUK MENDETEKSI PELUAHAN SEBAGIAN PADA KABEL DAYA**

**Oleh**

**ASWIN HIDAYAT**

Isolasi merupakan bagian yang sangat penting dalam peralatan listrik, karena dapat menentukan usia peralatan sistem tenaga listrik termasuk kabel daya. Salah satu cara untuk mengetahui kerusakan awal isolasi adalah dengan mendeteksi keberadaan peluahan sebagian pada isolasi kabel daya. Apabila dibiarkan, aktivitas peluahan sebagian terjadi terus menerus dalam waktu yang lama dapat menyebabkan isolasi mengalami penurunan. Maka, sangat penting untuk mendeteksi keberadaan peluahan sebagian sebelum kabel dipasang dan bahkan selama operasi. Untuk dapat mendeteksi keberadaan peluahan sebagian, diperlukan sensor untuk mendeteksi sinyal peluahan sebagian. Salah satu sensor yang cocok untuk mendeteksi sinyal peluahan sebagian pada sistem isolasi kabel daya adalah sensor kapasitif.

Dalam makalah ini sensor kopling kapasitif digunakan untuk mendeteksi sinyal peluahan sebagian. Sensor terbuat dari aluminium dan tembaga dengan dimensi ukuran yang bervariasi supaya mengetahui tingkat respon sensor yang diakibatkan oleh lebar sensor.

Hasil menunjukkan bahwa sensor kopling kapasitif dapat digunakan untuk mendeteksi peluahan sebagian pada kabel daya. Semakin lebar sensor yang digunakan, semakin baik respon sensor dalam mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian

Kata kunci : kabel daya, peluahan sebagian, Sensor kopling kapasitif.

## **ABSTRACT**

### **DESIGN AND DEVELOPMENT OF CAPACITIVE COUPLER SENSORS TO DETECT PARTIAL DISCHARGE OF POWER CABLES**

**By**

**ASWIN HIDAYAT**

Insulation is a very important part of the electric equipment, because it can determine the age of electrical power system equipment including power cable. A way to find out the initial damage to insulation is to detect the presence of the partial discharge on power cable insulation. When permitted, partial discharge activities which occur continuously for a long time, can cause the insulation degraded. So it is very important to detect the partial discharge presence before cable installed and even during its operational. To be able to detect the partial discharge presence, a sensor is needed to capture the partial discharge signals. One of the partial discharge sensor which suitable to detect partial discharge on cable insulation is capacitive sensor.

In this study a capacitive coupling sensors is used to detect partial discharge signals. Sensors are made of aluminum and copper with varying size dimensions to determine the sensor response due to sensor width.

The results show that capacitive coupling sensors can be used to detect partial discharge on the power cable. The greater the width of the sensor used, the better the sensor response in detecting electromagnetic signals emitted from partial discharge sources.

**Keywords:** power cable, partial discharge, capacitive coupling sensor.

**DESAIN DAN PEMBUATAN SENSOR KOPLING KAPASITIF  
UNTUK MENDETEKSI PELUAHAN SEBAGIAN PADA KABEL  
DAYA**

**Oleh**

**ASWIN HIDAYAT**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Proposal Skripsi : **DESAIN DAN PEMBUATAN SENSOR KOPLING KAPASITIF UNTUK MENDETEKSI PELUAHAN SEBAGIAN PADA KABEL DAYA**

Nama Mahasiswa : **Aswin Hidayat**

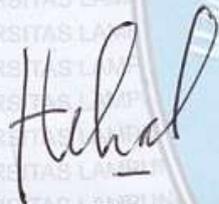
Nomor Pokok Mahasiswa : 1415031025

Jurusan : Teknik Elektro

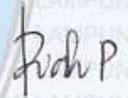
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

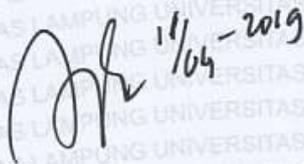


**Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T.**  
NIP. 19711130 199903 1 003



**Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.**  
NIP : 19700528 199803 2 003

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro Unila

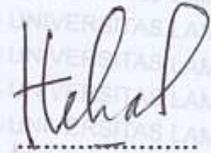


**Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.**  
NIP.19731128 199903 1 005

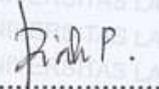
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

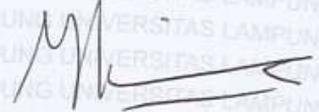
**Ketua : Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T.** .....



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



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Henry B.H. Sitorus S.T., M.T.** .....



**Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**

**Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19620717 198703 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Februari 2019**

## SURAT PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 1 Maret 2019



Aswin Hidayat  
NPM. 1415031025

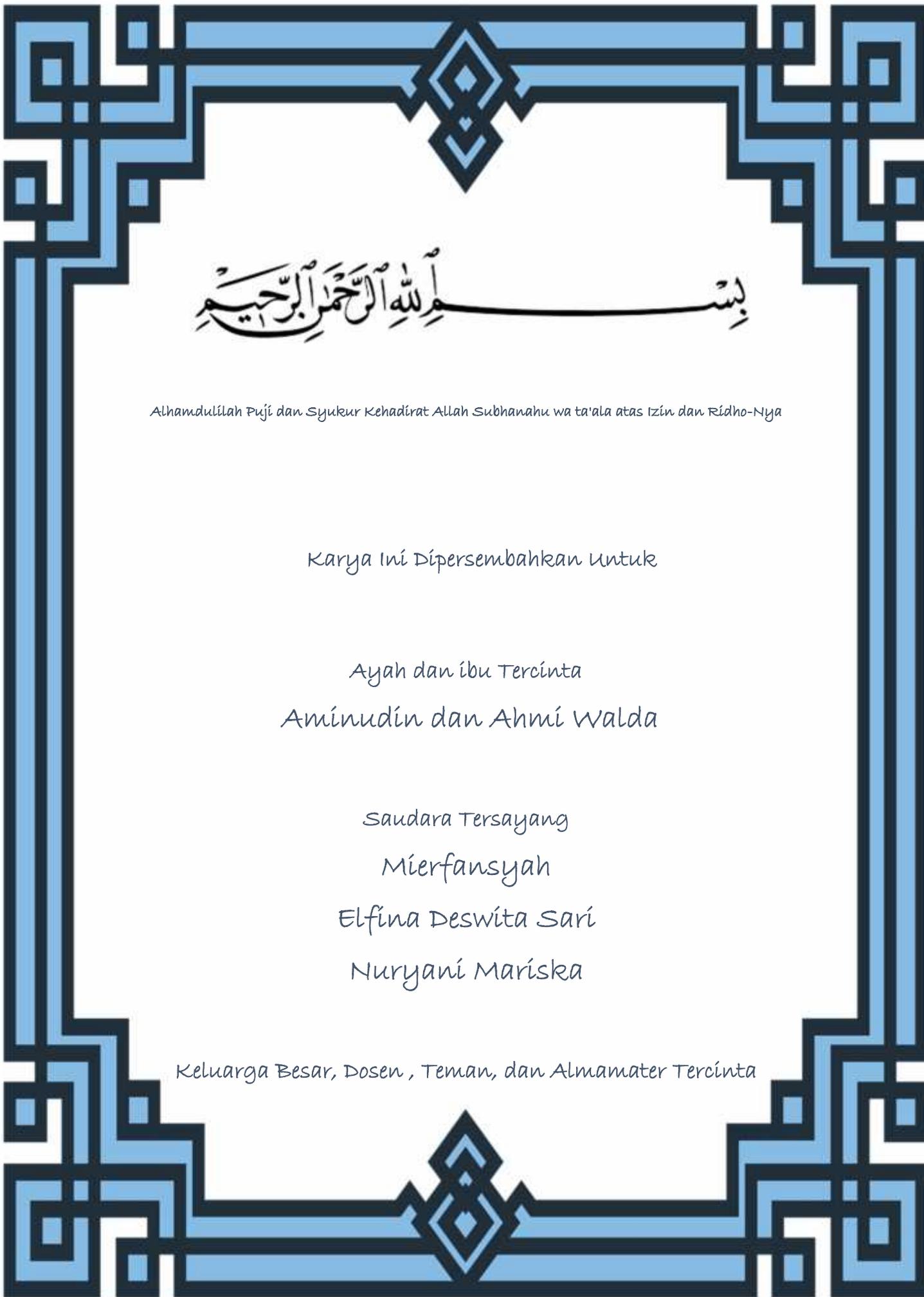
## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada tanggal 22 Juni 1995, bertempat di Dusun Karta Dewa, Kelurahan Padang Temu, Kecamatan Dempo Tengah, Kota Pagaralam, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis lahir sebagai anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak Aminudin dan Ibu Ahmi Walda.

Penulis menyelesaikan masa sekolah dasar di SD Negeri 13 Kota Pagaralam pada tahun 2002 dan lulus pada tahun 2008. Lalu, penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 8 Kota Pagaralam pada tahun 2008 hingga 2011. Penulis menempuh pendidikan terakhir di SMA Negeri 4 Kota Pagaralam lulus pada tahun 2014.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar Konversi Energi Elektrik di Laboratorium Konversi Energi Elektrik. Selain itu, penulis selama menimba ilmu di Universitas Lampung penulis aktif di berbagai organisasi intra dan ekstra kampus. Pada 7 Agustus 2017 - 7 September 2017, penulis melaksanakan kerja praktik di PT. PLN (Persero) Area Metro di Kota Metro. Penulis mengangkat judul “Analisa Pengaruh Pemasangan Transformator Sisipan Pada Transformator Distribusi M 35 Dan Transformator Distribusi M 34 Pada Penyulang Sepat Di Gardu Induk Metro”.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillah Puji dan Syukur Kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala atas Izin dan Ridho-Nya*

*Karya Ini Dipersembahkan untuk*

*Ayah dan ibu Tercinta  
Aminudin dan Ahmi Walda*

*Saudara Tersayang  
Mierfansyah  
Elfina Deswita Sari  
Nuryani Mariska*

*Keluarga Besar, Dosen, Teman, dan Almamater Tercinta*

## Moto

" Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap"

(QS, Al-Insyirah, 6-8)

"Jika Anak Adam Meninggal, Maka Amalannya Terputus Kecuali Dari Tiga Perkara, Sedekah Jariyah, Ilmu Yang Bermanfaat, Dan Anak Soleh Yang Berdoa kepadanya"

(HR Muslim)

"Dimanapun kau berkiprah tak ada masalah. Yang penting adalah semangat Keislaman dan keindonesiaan itu yang harus kau pegang terus"

(Lafran Pane)

"Modal utama manusia untuk menjalani proses kehidupan itu hanya satu yaitu keberanian"

(Aswin Hidayat)

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas segala limpahan rahmat dan nikmat yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat serta salam tidak lupa juga penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai panutan bagi seluruh umat manusia.

Tugas akhir yang berjudul **“Desain Dan Pembuatan Sensor Kopling Kapasitif Untuk Mendeteksi Peluahan Sebagian Pada Kabel Daya”** disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis ingin sampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan masa studi Strata Satu di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Phd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa membimbing, mendukung, dan memberikan nasihat selama proses penyelesaian skripsi.

6. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang memberikan bimbingan, memberi ilmunya dan arahan yang sangat membantu penulis dalam penyelesaian skripsi.
7. Bapak Dr. Henry B.H. Sitorus, S.T., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi, serta memberikan nasihat dalam menjalani kehidupan.
8. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.
9. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
10. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi maupun hal-hal lainnya.
11. Ayahanda Aminudin (Bapak) dan Ibunda Ahmi Walda (Umak). Pengorbanan dan jasa yang telah kalian berikan sungguh sangatlah besar, hanya doa dan hadiah kecil ini selanjutnya akan menyelesaikan kewajiban yang lebih besar lagi agar terpancar senyum bangga di wajah kalian yang sangat diimpikan.
12. Adik tercinta Mierpan, Fina dan Ryani, yang telah menjadi sumber semangat bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
13. Teruntuk Ulfa Milasari yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan kesan dalam menjalani kehidupan dengan tulus dan sabar.
14. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Konversi Energi Elektrik; Budi, Bramantio, Bagus, Cahya, Made, Bangkit, Salim, Reynaldi. Kak yayan, Kak

Payan, Kak Hekson dan semua anggota Lab Konversi yang telah memberikan dukungan dan semangat.

15. Teman seperjuangan dari awal sampai akhir Lihin, Catur, Roviq, Bang Topper, Satrio dan Bangkit terima kasih semua jasa dan saran selama menyelesaikan penulisan skripsi ini. Semoga langkah kita kedepannya selalu di bawah lindungan Allah SWT.

16. Keluarga besar ELITE (Angkatan 2014) Manda, Fandi dan yang lainnya terima kasih semua saran dan ilmunya selama menyelesaikan penulisan skripsi ini

17. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dari awal pengerjaan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai pembelajaran di masa yang akan datang. Semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi yang membaca.

Bandar Lampung, 1 Maret 2019

Aswin Hidayat

## DAFTAR ISI

	Halaman
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistem Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kabel Daya.....	6
2.2 Peluahan Sebagian .....	10
2.2.1 Peluahan permukaan .....	10
2.2.2 Peluahan di dalam .....	11
2.2.3 Korona .....	11
2.3 Peluahan Sebagian pada Kabel Daya .....	12
2.3.1 Pemburukan Isolasi Kabel Daya .....	12
2.3.2 Pendeteksian Peluahan Sebagian pada Kabel Daya .....	13
2.3.3 Sensor Untuk Mendeteksi Peluahan Sebagian pada Kabel Daya .....	14

2.4 Sensor Kopling Kapasitif .....	16
------------------------------------	----

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Jenis Penelitian .....	21
----------------------------	----

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
---------------------------------------	----

3.3 Alat dan Bahan .....	21
--------------------------	----

3.4 Desain Pemasangan Sensor Kopling Kapasitif .....	22
--	----

3.5 Rangkaian Ekuivalen Penelitian .....	22
--	----

3.6 Diagram Alir Penelitian .....	24
-----------------------------------	----

3.7 Tahapan Penelitian .....	25
------------------------------	----

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Desain Pemasangan Sensor dengan Aplikasi HFSS Ansoft v.13.0 .....	26
---	----

4.2 Desain Sensor Kopling Kapasitif .....	27
---	----

4.3 Pengambilan Data .....	28
----------------------------	----

4.3.1 Pengambilan data respon sensor terhadap input persegi .....	29
---	----

4.3.1.1 Respon frekuensi sensor berbahan aluminium .....	30
--	----

4.3.1.2 Respon frekuensi sensor berbahan tembaga .....	31
--	----

4.3.2 Pengambilan data penguatan ( <i>Attenuation</i> ) sensor terhadap frekuensi tinggi .....	33
--	----

4.3.2.1 Penguatan Sensor Berbahan Aluminium .....	33
---	----

4.3.2.2 Penguatan sensor berbahan tembaga .....	34
---	----

4.4 Pengolahan Data .....	35
---------------------------	----

4.4.1 Respon frekuensi sensor terhadap input persegi .....	36
--	----

4.4.2 Magnitude .....	37
-----------------------	----

4.4.3 Muatan .....	38
--------------------	----

4.4.4 Penguatan ( <i>Attenuation</i> ) sensor kopling kapasitif .....	39
---	----

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	44
----------------------	----

5.2 Saran .....	44
-----------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Model sirkuit dari kopling kapasitif .....	18
Gambar 3.1 Struktur pemasangan sensor kopling kapasitif .....	22
Gambar 3.2 Rangkaian ekuivalen sensor kopling kapasitif .....	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Desain pemasangan sensor kopling kapasitif pada kabel daya dan medan listrik yang dihasilkan pada konduktor .....	27
Gambar 4.2 Sensor kopling kapasitif berbahan aluminium dan tembaga .....	27
Gambar 4.3 Pengujian Sensor Kopling Kapasitif dengan Sumber <i>Function Generator</i> .....	28
Gambar 4.4 Tipikal Gelombang input persegi yang dipergunakan dalam pengujian.....	30
Gambar 4.5 Respon Frekuensi sensor berbahan aluminium dengan ukuran 4 cm terhadap input persegi .....	30
Gambar 4.6 Respon Frekuensi sensor berbahan aluminium dengan ukuran 6 cm terhadap input persegi.....	30
Gambar 4.7 Respon Frekuensi sensor berbahan aluminium dengan ukuran 8 cm terhadap input persegi.....	31
Gambar 4.8 Respon Frekuensi sensor berbahan aluminium dengan ukuran 10 cm terhadap input persegi.....	31

Gambar 4.9	Respon Frekuensi sensor berbahan tembaga dengan ukuran 4 cm terhadap input persegi.....	31
Gambar 4.10	Respon Frekuensi sensor berbahan tembaga dengan ukuran 6 cm terhadap input persegi.....	32
Gambar 4.11	Respon Frekuensi sensor berbahan tembaga dengan ukuran 8 cm terhadap input persegi.....	32
Gambar 4.12	Respon Frekuensi sensor berbahan tembaga dengan ukuran 10 cm terhadap input persegi.....	32
Gambar 4.13	Penguatan yang terjadi pada sensor kopling kapasitif berbahan (a) aluminium 4 cm (b) aluminium 6 cm (c) aluminium 8 cm dan (d) aluminium 10 cm.....	34
Gambar 4.14	Penguatan yang terjadi pada sensor kopling kapasitif berbahan (a) tembaga 4 cm (b) tembaga 6 cm (c) tembaga 8 cm dan (d) tembaga 10 cm .....	35
Gambar 4.15	Respon Frekuensi sensor dengan input gelombang persegi.....	36
Gambar 4.16	Gelombang input sinusoidal dan gelombang output .....	39
Gambar 4.17	Perbandingan besar <i>attenuasi</i> yang terjadi pada sensor kopling kapasitif dengan bahan aluminium.....	41
Gambar 4.18	Perbandingan besar <i>attenuasi</i> yang terjadi pada sensor kopling kapasitif dengan bahan aluminium.....	43

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Respon frekuensi sensor terhadap input persegi .....	36
Tabel 4.2 Perbandingan besar magnitude antara tembaga dan aluminium dengan variasi ukuran sensor .....	37
Tabel 4.3 Perbandingan besar muatan antara tembaga dan aluminium dengan variasi ukuran sensor .....	38
Tabel 4.4 Penguatan ( <i>Attenuation</i> ) sinyal yang terjadi pada sensor kopling kapasitif pada jenis material aluminium .....	40
Tabel 4.5 Penguatan ( <i>Attenuation</i> ) sinyal yang terjadi pada sensor kopling kapasitif pada jenis material tembaga .....	42

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kabel daya merupakan salah satu bagian yang penting dari sistem pendistribusian energi listrik. Kabel daya mengirimkan energi listrik dengan kapasitas yang beragam mulai dari orde KVA sampai orde MVA. Pemburuan kualitas kabel daya dapat terjadi ketika kabel daya beroperasi mengirimkan energi listrik yang besar. Pemburuan dapat juga terjadi akibat konstruksi rumah kabel daya yang buruk yang dapat mengakibatkan adanya tekanan mekanis yang terjadi secara terus menerus. Hal lain yang dapat mengakibatkan pemburuan kabel daya : terjadinya pengerutan bahan isolasi, kondisi lingkungan dan efek panas yang diakibatkan oleh kenaikan tegangan merupakan penyebab terjadinya kerusakan isolasi. Semua hal tersebut akan mengakibatkan isolasi kabel daya mengalami penurunan kualitas dielektrik dan dapat bermuara pada kerusakan isolasi kabel daya secara menyeluruh.

Kerusakan sistem isolasi kabel daya akan mengakibatkan penyaluran energi listrik terhenti. Berhentinya penyaluran energi listrik bukan hanya mengakibatkan kerugian akibat adanya energi listrik yang tidak terjual, namun juga akan menurunkan tingkat keandalan sisten tenaga listrik secara keseluruhan. Karenanya sangat perlu untuk

memastikan kabel daya dapat beroperasi dengan baik. Agar keadaan isolasi selalu dalam keadaan baik maka sistem isolasi pada kabel daya harus dideteksi dan dipantau dengan melakukan pendeteksian kerusakan awal secara rutin agar kondisi kabel daya dapat diketahui. Jika pemburukan isolasi kabel daya terjadi maka dapat ditentukan tindakan pencegahan kerusakan total dengan melaksanakan perbaikan yang terjadwal. Kerusakan kabel dapat dipicu oleh adanya aktivitas peluahan sebagian pada isolasi kabel tersebut. Peluahan sebagian yang terjadi secara terus menerus dalam waktu yang lama akan menyebabkan penurunan kekuatan dielektrik sistem isolasi. Jika peluahan sebagian dibiarkan berlangsung untuk waktu yang lama maka pemburukan akan menjadi sangat berat dan dapat bermuara pada *breakdown* sistem isolasi kabel daya. Sehingga pendeteksian peluahan sebagian sangat perlu dilakukan untuk mengetahui adanya pemburukan sistem isolasi kabel dan mencegah terjadinya *breakdown* isolasi.

Peluhan sebagian dapat dideteksi dari output peluahan yang terjadi. Peluahan sebagian akan menghasilkan beragam akibat antara lain : panas, cahaya, suara, gas dan emisi-emisi elektromagnetik. Dalam proposal skripsi ini diajukan desain dan pembuatan sensor kopling kapasitif untuk mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian pada kabel daya. Sensor kopling kapastif akan mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian dan sinyal tersebut akan direkam dengan menggunakan osiloskop. Penelitian ini akan menganalisis tingkat respon sensor dalam mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan. Dimensi dan jenis pelat

logam sensor akan dibuat bervariasi dengan menyesuaikan dengan dimensi kabel daya yang akan diuji.

Desain pemasangan sensor akan disimulasikan menggunakan aplikasi Ansoft HFSS v13.0. Simulasi sensor akan dilakukan untuk ukuran yang beragam dengan material aluminium dan tembaga.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Membuat sensor kopling kapasitif yang berfungsi untuk mendeteksi aktivitas dan besaran muatan peluahan sebagian yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian.
2. Menghasilkan pengaruh jenis dan ukuran material pelat logam sensor terhadap sinyal peluahan sebagian.
3. Melakukan pengukuran peluahan sebagian dengan menggunakan gelombang yang menyerupai pulsa tiruan peluahan sebagian

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Mendesain sensor kopling kapasitif untuk menangkap sinyal elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber peluahan sebagian.
2. Menghasilkan sebuah sensor peralatan pengujian peluahan sebagian pada kabel daya di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung untuk praktikum atau penelitian
3. Mengetahui besar muatan peluahan sebagian pada kabel daya

## **1.4 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang desain sensor yang baik untuk digunakan dalam pendeteksian peluahan sebagian pada kabel daya.
2. Bagaimana pengaruh respon sensor dalam menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian dengan menggunakan dimensi dan jenis logam yang berbeda-beda.

### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun pembatasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini membuat sensor untuk mendeteksi peluahan sebagian yang terjadi pada kabel daya
2. Penelitian ini membuat sensor kopling kapasitif
3. Penelitian ini menggunakan jenis pelat logam aluminium dan tembaga
4. Desain pemasangan sensor disimulasikan dengan aplikasi Ansoft HFSS v13.0
5. Penelitian ini menggunakan *function generator* sebagai sumber gelombang yang berbentuk sinus dan persegi
6. Frekuensi pengujian penguatan sensor dari 50 kHz sampai 10 MHz

### **1.6 Sistem Penulisan**

Adapun sistem penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistem penelitian.

#### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang teori-teori yang akan mendukung dari tujuan penelitian yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini.

#### **BAB III. METODE PENELITIAN**

Berisi tahapan yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini, yaitu waktu dan tempat penelitian dan tahapan penelitian yang akan dilakukan.

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi hasil dari penelitian yang telah terlaksana dimana hasil penelitian tersebut telah dianalisis

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan yang berdasarkan hasil pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan dan berisi saran untuk dijadikan bahan acuan dalam melakukan penelitian yang sama untuk kedepannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Kabel daya berfungsi untuk mengirimkan energi listrik dengan kapasitas yang bermacam-macam mulai dari orde KVA hingga orde MVA. Kabel daya diharapkan selalu bekerja dalam kondisi yang baik sehingga penyaluran energi listrik dapat berlangsung dengan baik pula. Namun terkadang pemburukan dapat mengakibatkan gangguan pada kabel yang dapat mengganggu kontinuitas pelayanan. Beberapa hal yang mengakibatkan pemburukan kabel daya sehingga mengakibatkan kerusakan di seluruh komponen kabel daya adalah terjadinya pengerutan material isolasi, kondisi lingkungan dan efek panas yang diakibatkan oleh kenaikan tegangan sehingga mengakibatkan adanya tekanan mekanis yang terjadi secara terus menerus. Dalam bab II ini dibahas kabel daya, susunan isolasi kabel, peluahan sebagian pada kabel, dan sensor kopling untuk mendeteksi peluahan sebagian pada kabel.

#### **2.1 Kabel Daya**

Kabel daya merupakan solusi yang sangat baik untuk jaringan transmisi dan distribusi tenaga listrik. Beberapa keunggulan kabel daya yaitu aspek lingkungan, keselamatan dan keindahan. Selain itu juga kabel daya memiliki kehandalan yang tinggi. Kabel daya memiliki kelemahan sulit untuk mendeteksi pemburukan isolasi. Adanya

kelemahan tersebut maka dikembangkan cara untuk mendeteksi pemburukan isolasi dan material isolasi yang digunakan mengalami perubahan untuk mengatasi kelemahan dari kabel daya [1]. Kabel daya memiliki beberapa komponen yaitu konduktor, isolasi, lapisan semikonduktif dan lapisan logam pelindung dan lapisan terluar ( jaket ) .

#### 1. Konduktor

Bahan konduktor yang paling banyak digunakan adalah tembaga dan aluminium dengan kemurnian yang tinggi ( > 95,5% murni ). Keunggulan aluminium daripada tembaga adalah karena harganya murah dan lebih ringan. Sistem yang berkapasitas tinggi maka lebih banyak menggunakan tembaga karena memiliki konduktansi yang lebih baik. Konduktor sangat sensitif terhadap kelembaban. Konduktor memiliki ketahanan yang besar terhadap aliran arus AC dibandingkan arus DC.

#### 2. Isolasi Kabel

Adapun macam-macam bahan isolasi adalah XLPE, PVC, karet, kertas, mineral, GAS.

##### 1. Kertas

Kertas bersifat menyerap kelembaban dari udara. Kertas merupakan isolasi yang sangat baik namun akan mengalami penurunan sifat dielektriknya apabila basah dan ketika meresap uap udara. Kabel yang menggunakan isolasi kertas akan dilapisi dengan timbal karena tahan terhadap api.

##### 2. PVC (Polivinil klorida)

PVC merupakan isolasi yang paling banyak digunakan pada kabel tegangan rendah. Keunggulannya sangat mudah untuk dikontrol dan tahan terhadap

minyak serta aktivitas bahan kimia lainnya. Karakteristik material akan berubah sesuai dengan suhu. PVC tidak bisa berkerja di bawah suhu  $5^{\circ}\text{C}$  namun dapat bekerja secara baik pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  dan tidak boleh melebihi  $70^{\circ}\text{C}$  selain untuk versi yang khusus yaitu  $85^{\circ}\text{C}$ .

### 3. XLPE

Isolasi XLPE memiliki sifat listrik yang lebih baik dari pada PVC. Isolasi XLPE menggantikan isolasi kertas yang sudah digunakan sejak lama. Isolasi XLPE digunakan pada kabel tegangan menengah dan tegangan tinggi. Isolasi XLPE memiliki kerugian dielektrik yang terendah dari semua jenis isolasi kabel dan memiliki suhu operasi sampai  $90^{\circ}\text{C}$ .

### 4. Karet

Isolasi karet telah digunakan selama bertahun-tahun. Apabila isolasi karet retak maka akan menghilangkan kekuatan dielektriknya. Isolasi karet digunakan untuk isolasi kabel dan pelindung kabel.

### 5. Isolasi Magnesium Oksida

Isolasi magnesium oksida sangat baik digunakan ketika musim kemarau. Magnesium oksida dihasilkan dari pertambangan. Isolasi magnesium oksida tahan terhadap api dan dapat beroperasi pada suhu hingga  $250^{\circ}\text{C}$ . Semua material dari isolasi magnesium oksida adalah anorganik dan tidak akan menua.

### 6. Isolasi Gas

Isolasi gas memiliki kekuatan tegangan jatuh yang tinggi, stabil secara kimia, dan tahan terhadap api. Beberapa contoh isolasi gas yaitu nitrogen ( $\text{N}_2$ ), sulfur

sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) dan Freon-12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>). SF<sub>6</sub> memiliki permitivitas yang rendah, kekuatan disipasi dielektrik rendah dan kekuatan tembus tinggi. Isolasi gas merupakan solusi yang terbaik namun karena harganya mahal jadi belum terlaksana.

Faktor utama yang mempengaruhi pemburukan isolasi adalah suhu, medan listrik dan kelembaban. Jadi dengan penggunaan dan pemilihan yang sesuai dari macam-macam material isolasi maka akan membuat sistem isolasi menjadi tahan lama.

Untuk mengetahui kondisi pemburukan isolasi kabel daya maka dilakukan pendeteksian. Pendeteksian dapat dilakukan dengan menggunakan sensor induktif dan sensor kapasitif [1].

### 3. Lapisan semikonduktif

Lapisan semikonduktif dipasang pada dua sisi isolasi, yang pertama lapisan dalam atau pelindung konduktor. Lapisan ini berfungsi untuk mencegah terjadinya penyalan peluahan sebagian diantara konduktor dan isolasi. Yang kedua lapisan luar atau pelindung isolasi berfungsi untuk menyamakan medan listrik di lapisan pelindung isolasi dan untuk mencegah peluahan sebagian di atas isolasi.

### 4. Lapisan pelindung (logam, pita tembaga, PVC)

Lapisan pelindung merupakan faktor keamanan yang sangat penting dalam kabel tegangan menengah dan tegangan tinggi. Material tembaga dan aluminium adalah bahan yang digunakan untuk lapisan pelindung karena konduktivitas yang sangat baik dan tahan terhadap korona. Kulit kabel berfungsi untuk melindungi kerusakan mekanis dan kimia. Bahan kulit kabel yang paling banyak digunakan adalah

polietilena karena memiliki permeabilitas yang rendah. Kabel daya yang memiliki tahanan yang tinggi ditambahkan armor logam pada material kulit kabel daya [6].

## **2.2 Peluahan Sebagian**

Peluahan sebagian adalah peluahan elektrik pada bahan isolasi yang terdapat diantara dua elektroda yang berbeda tegangan tetapi peluahan tersebut tidak sampai menghubungkan kedua elektroda secara sempurna [7]. Peluahan sebagian akan menghasilkan pulsa arus dengan durasi dalam orde mikrodetik sampai nanodetik. Sehingga pulsa peluahan tersebut akan memiliki spektrum frekuensi yang sangat luas [8]. Peluahan sebagian akan menghasilkan emisi seperti emisi cahaya, panas, suara dan frekuensi RF dan emisi elektromagnetik. Peluahan sebagian yang terjadi pada isolasi kabel dapat dikategorikan dalam dua kategori: peluahan permukaan dan peluahan di dalam sistem isolasi. Besar muatan peluahan sebagian dinyatakan dalam picoCoulomb [9].

### **2.2.1 Peluahan permukaan**

Peluahan permukaan adalah peluahan muatan antara dua media yaitu konduktor dan gas ataupun cair yang terjadi di permukaan bahan isolasi padat. Pada lokasi tersebut terjadi medan listrik yang kuat dan mengakibatkan udara menjadi kapasitif karena telah terionisasi sehingga mengakibatkan peluahan permukaan. Ketika terjadi peluahan permukaan pada sistem isolasi kabel maka percikan arus akan dipancarkan sehingga mengalir di permukaan isolasi. Percikan arus ini dapat menimbulkan panas sehingga material isolasi kabel akan terurai dan menghasilkan jejak arus pada permukaan isolasi. Jika panas sangat tinggi maka permukaan isolasi dapat terbakar

dan menimbulkan jejak permukaan secara permanen. Jejak permukaan akan mengurangi kuat medan listrik bahan isolasi. Apabila terjadi secara terus menerus maka akan menyebabkan peluahan sebagian terjadi bahkan berakhir pada kegagalan sistem isolasi [10].

### 2.2.2 Peluahan di dalam

Peluahan di dalam terjadi akibat adanya rongga udara ataupun metal yang terperangkap di dalam material dielektrik padat. Hal tersebut dapat terjadi karena konstanta dielektrik gas dalam rongga udara lebih rendah daripada kekuatan dielektrik isolasi padat. Ketika tekanan listrik yang tinggi diberikan pada dielektrik, maka pada bagian yang berongga dapat terjadi peluahan jika kuat medan pada rongga tersebut melebihi kuat medan yang dapat dipikul oleh rongga tersebut. Peluahan yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan pada dielektrik padat tersebut. Jika peluahan dibiarkan berlangsung lama, dielektrik dapat mengalami kegagalan fungsi sebagai bahan isolasi [11].

### 2.2.3 Korona

Korona merupakan pelepasan yang terjadi disekitar ujung elektroda yang runcing akibat dari terjadinya ionisasi atau bertemunya kuat medan yang tidak sama disekitar ujung-ujung elektroda [1]. Korona menyebabkan rugi-rugi daya dan mengakibatkan kekuatan dielektrik bahan isolasi turun akibat adanya reaksi kimia yang dihasilkan oleh aktivitas korona. Magnitude korona dipengaruhi oleh polaritas tegangan. Ketika tegangan positif korona akan timbul dalam bentuk lapisan yang berwarna putih

kebiruan di permukaan elektroda dan saat tegangan negatif korona akan timbul dalam bentuk bintik-bintik cahaya kemerahan yang berada di seluruh kawat konduktor [12].

### **2.3 Peluahan Sebagian pada Kabel Daya**

Peluahan sebagian terjadi pada kabel daya karena sifat dielektrik pada sistem isolasi mengalami penurunan. Aktivitas peluahan sebagian pada kabel daya menyebabkan penurunan sifat kimia dan fisika dari material isolasi. Apabila peluahan sebagian berlangsung secara terus menerus maka akan menyebabkan kegagalan pada sistem isolasi [9].

#### **2.3.1 Pemburukan Isolasi Kabel Daya**

Pemburukan dan kegagalan sistem isolasi pada kabel daya dapat diakibatkan oleh proses listik, mekanik, termal dan kimia. Pemburukan ini dapat terjadi selama kabel daya beroperasi. Akibat dari pemburukan ini akan menyebabkan kekuatan dielektrik isolasi menjadi turun. Salah satu penyebab pemburukan isolasi kabel daya adalah terjadinya peluahan sebagian pada isolasi kabel tersebut. Jika peluahan sebagian berlangsung secara terus menerus maka dapat mengakibatkan penurunan kekuatan dielektrik isolasi dan bermuara pada kerusakan kabel daya.

Proses pembentukan rongga udara dapat terjadi tanpa disengaja saat proses pembuatannya di pabrik. Sedangkan kabel daya yang menggunakan material XLPE, karet dan minyak, rongga udara dapat terbentuk ketika kabel daya dioperasikan. Secara umum material isolasi dengan menggunakan kertas relatif tahan terhadap aktivitas peluahan sebagian dibandingkan dengan material isolasi lainnya [1].

Sambungan dan ujung kabel daya merupakan lokasi yang paling rawan terkena aktivitas peluahan sebagian. Peluahan sebagian terjadi pada sambungan kabel daya karena terbentuknya rongga udara dan jejak permukaan antara isolasi kabel dan isolasi sambungan kabel. Sedangkan peluahan sebagian pada ujung kabel terjadi karena isolasi kabel robek akibat proses pemotongan yang tidak sempurna. Struktur kabel daya yang berbeda akan menimbulkan medan listrik yang berbeda. Apabila medan listrik berkumpul di lokasi tertentu maka peluahan sebagian dapat terjadi pada lokasi tersebut [6].

### 2.3.2 Pendeteksian Peluahan Sebagian pada Kabel Daya

Pendeteksian dan pengukuran peluahan sebagian pada kabel daya merupakan teknik utama untuk mengetahui kondisi isolasi kabel daya. Sensor kapasitif digunakan untuk pendeteksian online ataupun offline. Sensor kapasitif mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian dan ditransferkan ke osiloskop. Keuntungan sensor kapasitif adalah memiliki sensitivitas tinggi, bandwidth tinggi dan memiliki biaya pembuatan yang murah serta penggunaannya yang sederhana [1,20,8,13,18].

Penempatan lokasi sensor untuk mendeteksi peluahan sebagian pada kabel daya akan mempengaruhi sensitivitas dan akurasi pengukuran [13]. Semakin jauh dari sumber peluahan maka magnitude sinyal yang ditangkap sensor akan semakin berkurang. Sehingga kualitas sinyal yang direkam *digitizer* dapat sangat rendah. Hal ini juga akan diperburuk dengan adanya derau dilingkungan sensor. Sensor kapasitif

dikatakan memiliki sensitivitas tinggi jika peluahan sebagian kurang 3 pC dengan jarak dari sensor kapasitif 1.5 meter [14,15 13].

Syarat kopling kapasitif : memiliki impedansi tinggi, bandwidth tinggi dan sinyal frekuensi rendah 50/60 Hz. Bandwidth sensor kapasitif ditetapkan oleh IEC60270 untuk pengukuran konvensional kurang dari 1 MHz [16]. Sedangkan untuk pengukuran nonkonvensional membutuhkan bandwidth yang tinggi. Bandwidth yang digunakan agar peluahan sebagian terdeteksi dengan akurat adalah puluhan MHz sampai ratusan MHz [17, 13].

### 2.3.3 Sensor Untuk Mendeteksi Peluahan Sebagian pada Kabel Daya

Sensor merupakan hal yang sangat penting dalam sistem pendeteksian peluahan sebagian. Sensor akan digunakan untuk mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian [6]. Pendeteksian peluahan sebagian dapat dilakukan secara online dan offline. Pendeteksian peluahan sebagian secara online pada jaringan kabel tegangan menengah dan tinggi memiliki banyak keuntungan. Adapun keuntungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi sistem isolasi kabel daya
2. Proses pemasangan sensor tidak mengganggu sistem pendistribusian daya
3. Pendeteksian dilakukan ketika beban dan tegangan berubah-ubah

Pendeteksian peluahan sebagian secara online juga memiliki kelemahan yaitu jumlah gangguan dan noise cukup besar karena terhubung langsung ke jaringan listik berbeda dengan pendeteksian secara offline [19].

Data yang didapatkan akurat apabila jenis material sensor digunakan tepat. Peluahan sebagian dan noise sangat dipengaruhi oleh karakteristik dari sensor. Sensor yang dipilih harus memiliki frekuensi dan broadband yang tinggi, sensitivitas yang baik dan ketika sensor dipasang tanpa mengganggu sistem pendistribusian daya [1].

Adapun jenis sensor yang digunakan untuk pendeteksian aktivitas dan besaran peluahan sebagian adalah sebagai berikut :

1. Sensor kapasitif

Sensor kapasitif digunakan untuk mendeteksi peluahan sebagian baik secara online ataupun offline. Pendeteksian secara online dilakukan ketika sistem sedang beroperasi. Sedangkan pendeteksian secara offline dilakukan ketika sistem sedang tidak beroperasi. Sensor kapasitif mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan. Sensor kapasitif memiliki keuntungan yaitu proses pembuatan dan penggunaannya yang sederhana dan murah, kapasitansinya bisa diatur tinggi dan memiliki sensitivitas yang baik [1,20,8,13,18]. Sensor kapasitif memiliki kelemahan yaitu dengan adanya pemasangan sensor maka merubah struktur kabel sehingga akan mengakibatkan kekuatan dielektrik isolasi menurun [20].

2. Sensor Induktif

Sensor induktif dipasang tidak bersentuhan langsung antara elektroda dan konduktor sehingga sistem pendistribusian daya tidak terganggu. Sensor induktif berfungsi untuk mengukur pulsa [6]. Sistem pendeteksian induktif yang paling banyak digunakan adalah Rogowski Coil. Rogowski coil dilindungi oleh lapisan logam agar terhindar dari noise dan menciptakan

kapasitansi konstan. Rogowski coil memiliki bandwidth yang tinggi akan tetapi memiliki sensitivitas yang rendah [1].

### 3. HFCT

HFCT memiliki sensitivitas yang baik karena bahan inti feromagnetik. Material feromagnetik akan jenuh apabila adanya frekuensi daya energi tinggi sehingga tidak dapat digunakan untuk pendeteksian pada sistem jaringan yang berdaya besar [6]. HFCT berfungsi untuk mendeteksi arus yang ada di konduktor dan di lapisannya. Sensor ini dapat menangkap arus yang mengalir ketanah.

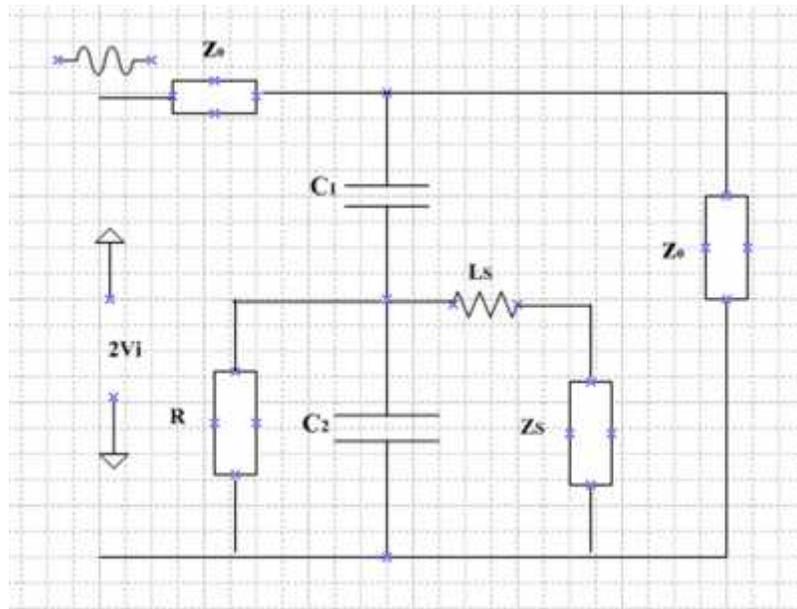
## **2.4 Sensor Kopling Kapasitif**

Sensor kapasitif merupakan tipe sensor yang telah banyak dipergunakan untuk mendeteksi peluahan sebagian pada kabel daya [1,20, 8, 9, 13, 18]. Sensor kapasitif memiliki keunggulan pada sensitivitas yang tinggi [1,20, 8, 13, 18], relative lebih tahan terhadap gangguan derau [20, 18] bandwith pengukuran yang lebih besar [1,20, 18, 13]. Dengan keunggulan tersebut, sensor kapasitif sangat baik untuk diteliti penggunaannya dalam mendeteksi peluahan sebagian dan akan diteliti dalam proposal ini. Sensor kopling kapasitif telah banyak digunakan untuk mendeteksi peluahan sebagian pada kabel daya. Penelitian menggunakan material sensor yang bervariasi dari setiap penelitian.

Sensor kapasitif yang dikembangkan oleh Wen Zei et.al memiliki diameter 20 mm dengan ketebalan hanya 1 mm. Sensor ditempatkan pada sambungan kabel untuk mendeteksi kehadiran peluahan sebagian. Sensor memiliki sensitivitas yang tinggi

dengan kemampuan mendeteksi peluahan sebagian sampai 3 pc saat diuji menggunakan model di laboratorium dan mendeteksi peluahan sebagian sampai 10 pc saat diuji pada kabel daya di lapangan. Bandwidth Yang digunakan sensor 150 kHz sampai 50 MHz. Penelitian ini dilakukan pada kabel daya 135 kV. Selain itu juga menggunakan generator pulsa untuk disuntikkan ke kabel daya sebesar 10 pC dan 100 pC. Setelah beberapa kali percobaan dengan menggunakan kedua metode pada tegangan 20 kV sinyal peluahan sebagian terdeteksi dengan amplitudo dari detektor DST-4 adalah 20 pC-160 pC dan amplitudo untuk sensor kapasitif adalah 10 pC-165 pC. Hasil pengukuran sensor kapasitif lebih baik 10 pC dari detektor DST-4. Sensor kapasitif lebih baik karena sensitivitas tinggi, tahan terhadap interferensi dari luar, dan tanpa merusak sambungan kabel daya [20].

Penelitian Gangwei et.al menggunakan kopling kapasitif dan induksi antena untuk menangkap sinyal elektromagnetik dari sumber peluahan sebagian. Pendeteksian dilakukan pada kabel daya 110 kV. Lokasi sensor kopasitif di dalam selubung kabel. Material tembaga digunakan sebagai sensor kopling kapasitif. Penelitian ini menggunakan cincin tembaga sebagai sensor kapasitif. Penelitian dilakukan dengan jarak yang tidak di ubah sedangkan lebar cincin tembaga diperbesar karena dapat meningkatkan kinerja sensor. Lebar sensor kapasitif diperbesar secara bertahap mulai dari 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Semakin besar lebar elektroda maka semakin besar respon keluaran amplitudo dari sensor. Struktur sensor yang kedua dengan lebar sensor 6 cm dan 8 cm. Volume luahan dan amplitude sinyakl keluaran dari sensor dipasang, menghasilkan garis yang nonlinear antara volume luahan dan keluaran sensor.



Gambar 2.1 Model rangkaian dari kopling kapasitif

Antara inti konduktor dan elektroda dihasilkan  $C_1$  dan antara elektroda dengan lapisan logam dihasilkan  $C_2$ . Nilai  $C_1$  akan bergantung pada struktur kabel daya dan elektroda sedangkan  $C_2$  bergantung dengan dengan jarak elektroda dengan flange. Apabila memperbesar jarak ukuran elektroda dan mengatur jarak antara elektroda dan *flange* dapat memperbesar  $C_1$  dan memperkecil  $C_2$ . Hal Dengan perubahan nilai kapasitansi nyasar. Meningkatnya panjang elektroda sensitivitas sensor akan menurun. Lebar total logam 10 cm dan lebar elektroda 3 cm. Sebagai bentuk gelombang tunggal dari sinyal peluahan, Kopling sensor memiliki pulsa sinyal peluahan dengan gradient 2 ns. Sinyal yang didistribusikan pada kopling kapasitif di bawah 400 MHz. 100 MHz dapat dideteksi dengan kopling kapasitif dan 300 MHz dapat dideteksi oleh antenna. Spektrum berubah karena pengaruh beberapa faktor seperti struktur kabel dan desain sensor. Kapasitansi dan lapisan semikonduktif

memiliki pengaruh yang besar pada impedansi maka metode terminal digunakan untuk mengkalibrasi sensor [8].

L Zhong et.al menggunakan sensor kopling kapasitif untuk mendeteksi peluahan sebagian pada sambungan kabel daya. Kabel daya memiliki panjang 46 meter. Sensor 1 dipasang 5 meter dan sensor 2 dipasang 41 meter dari ujung kiri kabel daya. Sinyal peluahan sebagian disuntikkan menggunakan generator pulsa 250 MHz. Keluaran dari sensor kopling 2 dan kopling 1 berbeda. Hal ini dikarenakan adanya pelemahan dan pergeseran fasa selama pulsa mengalir disepanjang kabel. Kopling kapasitif menggunakan respon frekuensi rentang 0-200 MHz. Besaran amplitude dari kopling 1 di bawah -20 dB pada frekuensi diatas 20 MHz. Sedangkan besaran amplitude kopling 2 menurun dengan frekuensi diatas 50 MHz. Jika sensitivitas sensor -40 maka kopling kapasitif dapat mendeteksi impuls <150 MHz. Pengaturan posisi kopling kapasitif yang berbeda disepanjang kabel sensitivitas dapat diterima dengan menaikkan frekuensi. [18].

Tian et.al melakukan pengujian menggunakan sensor kopling kapasitif, sensor akustik dan RFCT untuk mendeteksi peluahan sebagian. Penelitian dilakukan pada kabel daya 132 kV. Material sensor kapasitif yang digunakan adalah timah dan aluminium dengan lebar material 40 mm. Kopling kapasitif menggunakan bandwidth frekuensi diantara 0,01 MHz sampai 500 MHz. Setelah dilakukan penelitian sensor kopling kapasitif memiliki sensitivitas yang lebih baik dengan tingkat peluahan 3 pC dapat dideteksi menggunakan sensor kopling kapasitif dan lokasi peluahan sebagian dapat dideteksi dengan menganalisa waktu pengaliran sinyal di sepanjang kabel daya. Material yang berbeda menunjukkan hasil yang sama [13].

Pada penelitian ini menggunakan sensor kapasitif untuk menangkap sinyal elektromagnetik yang dipancarkan dari sumber peluahan sebagian. Sensor kapasitif yang didesain dan dibuat akan diuji untuk mendeteksi sinyal peluahan sebagian pada kabel daya. Dimensi dan material sensor akan dibuat bervariasi dan disesuaikan dengan dimensi kabel daya yang akan diuji.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini mendesain sensor kopling kapasitif. Desain pemasangan sensor kopling kapasitif menggunakan aplikasi Ansoft HFSS v13.0. Simulasi akan menunjukkan reaksi yang terjadi pada kabel daya. Sinyal elektromagnetik timbul disekeliling konduktor kabel daya. Sensor kopling kapasitif akan digunakan untuk mendeteksi sinyal elektromagnetik tersebut. Sinyal elektromagnetik tersebut merupakan indikasi adanya aktivitas peluahan sebagian. Respon masing-masing sensor dalam mendeteksi sinyal peluahan sebagian akan dianalisis di penelitian ini.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2018 sampai bulan Februari 2019.

#### **3.3 Alat dan Bahan**

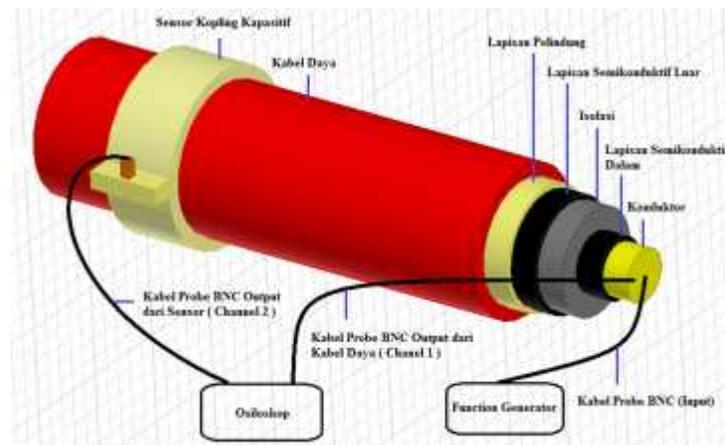
Adapun alat dan bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pelat logam aluminum dan tembaga

2. *Function* Generator model protek G305 10 MHz
3. Osiloskop model GDS-1102-U 100 MHz
4. Kabel daya tipe N2XSY 20 kV
5. Laptop intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T7100 @ 1.80GHz (2CPUs), 1.8 GHz

### 3.4 Desain Pemasangan Sensor Kopling Kapasitif

Bahan sensor kopling kapasitif menggunakan tembaga dan aluminium. Desain pemasangan sensor disimulasikan dengan menggunakan aplikasi Anshoft HFSS v.13.0. Dimensi dan jenis material logam sensor berbeda. Setelah proses pembuatan sensor, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat respon masing-masing sensor. Gambar 3.1 merupakan kontruksi pemasangan sensor kopling kapasitif pada kabel daya

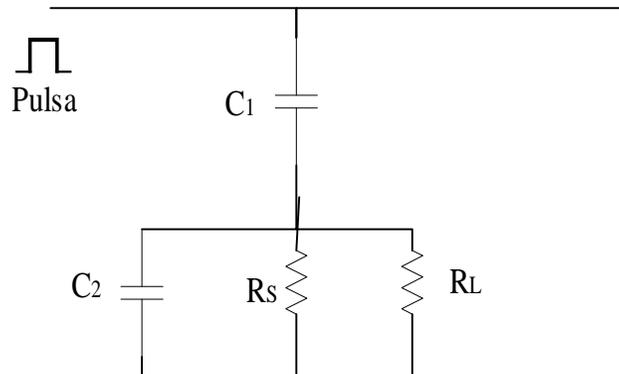


Gambar 3.1 Struktur pemasangan sensor kopling kapasitif

### 3.5 Rangkaian Ekuivalen Penelitian

Gambar 3.2 merupakan rangkain ekuivalen dari kopling kapasitif. Variabel  $C_1$  merupakan kapasitansi kopling kapasitif. Nilai kapasitansi tersebut sangat bergantung

dengan dimensi logam sensor.  $R_S$  merupakan impedansi yang dihasilkan antara kopling sensor dan pelindung logam.  $C_2$  adalah kapasitansi sasar yang dihasilkan antara logam kopling kapasitif dan logam lapisan pelindung kabel daya.  $R_L$  merupakan impedansi yang dihasilkan pada peralatan pengukur [13].



Gambar 3.2 Rangkaian ekuivalen sensor kopling kapasitif [13]

Untuk nilai kapasitansi  $C_1$  dapat ditentukan dengan perhitungan. Persamaan yang digunakan terdapat di bawah ini :

$$C_1 = \frac{2 \epsilon_0 \epsilon_r}{\ln \frac{D_1}{D_0}} \quad (3.1)$$

Untuk nilai kapasitansi kapasitor :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (3.2)$$

$\epsilon_0$  = Permittivitas udara =  $8,85 \times 10^{-12}$  F/m

$\epsilon_r$  = Permittivitas relatif bahan terhadap udara (2,8-3,4)

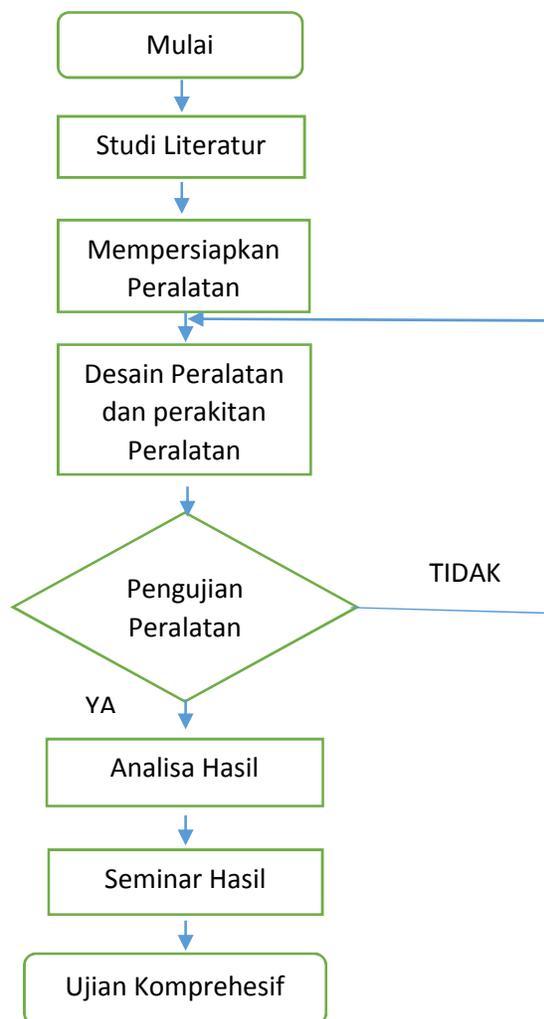
A = Luas permukaan pelat dengan satuan  $m^2$

d = Jarak antar pelat dengan satuan m

Apabila nilai kapasitansi sudah diketahui maka dilakukan perhitungan untuk mencari nilai muatan yang ada pada pelat logam [21].

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian menunjukkan proses yang dilakukan ketika penelitian. Adapun diagram alir penelitian yang dilakukan terdapat di bawah ini :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.3. Penelitian dimulai dengan studi literatur, mempersiapkan peralatan, desain peralatan dan perakitan peralatan, pengujian peralatan yang sudah didesain, analisis data hasil.

### **3.7 Tahapan Penelitian**

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur dari berbagai sumber
2. Mempersiapkan alat dan bahan penelitian
3. Mendesain sensor yang akan diuji
4. Merakit bahan-bahan untuk membuat sebuah sensor kopling kapasitif
5. Melakukan pengujian sensor kopling kapasitif
6. Menganalisis data hasil pengujian
7. Menarik kesimpulan penelitian

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengujian yang dilakukan sensor kopling kapasitif berbahan aluminium dan tembaga dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal yang dihasilkan dari sumber peluahan sebagian
2. Pengujian sensor kopling kapasitif berbahan pelat aluminium memiliki tingkat respon yang lebih baik dibandingkan pelat tembaga
3. Penelitian menunjukkan semakin besar ukuran lebar pelat sensor maka tingkat respon sensor dalam mendeteksi sinyal peluahan sebagian akan semakin baik
4. Hasil pengujian menunjukkan masing-masing sensor mengalami penguatan sampai dengan frekuensi 3 MHz.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan berikut saran yang dapat diberikan :

1. Ketebalan dan lebar pelat sensor diperbesar semaksimal mungkin, agar dapat digunakan untuk pengujian berfrekuensi tinggi sampai 100 MHz.

2. Pembuatan sensor kopling kapasitif menyesuaikan ukuran luas penampang kabel daya, sehingga konstruksi pemasangan sensor pada kabel daya akan lebih bagus.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hio Nam Johnson, O, 2009, “*Propagation of High Frequency Partial Discharge Signal in Power Cables*”, Dissertation, School of Electrical Engineering and Telecommunications, University of New South Wales, Australia.
- [2] Gudmundsdottir, Unnur Stella dkk, 2011, “*Field Test and Simulation of a 400-kV Cross-Bonded Cable System*”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No. 3, July 2011.
- [3] Min, Cheng dkk, 2016, “*Application Study of variable PD Sensors for PD measurement of Power Cable Circuit in Operation*”, International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, China.
- [4] Diego, J.A dkk, 2011, “*Annealing Effect on the Conductivity of XLPE Insulation in Power Cable*”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.11, No. 5; October 2011.
- [5] Campus, Alfred dkk, 1998, “*Structure – Morphology Modification of Cable Insulation Polymers*”, IEEE International Conference on Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics, June 22-25, 1998, Vasteras, Sweden.

- [6] Bergius, O, 2012, "*Implementation of On-line Partial Discharge Measurements in Medium Voltage Cable Network*", Thesis, Tampere University of Technology, Tampere.
- [7] Tobing, Bonggas L., 2012, "Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, Edisi Kedua", Jakarta, Erlangga.
- [8] Wei, Gang dkk, 2012, "*The Design of a Sensor for Monitoring Partial Discharge within a Joint of Power Cable*", China.
- [9] Mulroy, Patrick dkk, 2012, "*On-line partial Discharge Monitoring System for Distribution Network*", IEEE International Conference on Condition and Diagnosis , 23-27 September 2012, Bali, Indonesia.
- [10] Paoletti, Gabriel J. Golubev, Alexander, 2001, "*Partial Discharge Theory and Technologies Related to Medium-Voltage Electrical Equipment*", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 1, January/February 2001
- [11] Sardion Panjaitan, Jumanto dkk, 2014, "Analisis Peluahan Sebagian di Udara Menggunakan Metode Elektromagnetik", Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol.8, No. 3, September 2014.
- [12] Rahardian Putra, Wildan, 2015, "Pengaruh Bentuk dan Material elektrode Terhadap Partial Discharge", Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 1, 2015.
- [13] Tian, Y dkk, 2011, "*Comparison of On-line Partial Discharge Detection Methods For HV Cable Joints*", IEEE Transactions on Dielektrik and Electrical Insulation, Vol.9, No. 4, August 2002.

- [14] Tian, Y dkk, 2003, “*Partial Discharge Detection in Cables Using VHF Capacitive Couplers*”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 10, No. 2, April 2003.
- [15] Tian, Y dk, 2004, “*Partial Discharge On-line Monitoring for HV Cable Systems Using Electrooptic Modulators*”, IEEE Transactions on Dielectrics and Eletrical Insulation, Vol. 11, No. 5, October 2004.
- [16] E, Pultrum, 1995,” *On-site Testing of Cable Systems After Laying, Monitoring With HF Partial Discharge Detection*” Netherlands.
- [17] Rodrigo, A dkk, 2013, “*High Performance Broadband Capacitive Coupler for Partial Discharge Cable Test*”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 20, No. 2, April 2013.
- [18] Zhong, L dkk, 2001,”*Use of Capacitive Couplers for Partial Discharge Measurements in Power Cables and Joints*”, June 25-29, 2001, Eindhoven, The Netherlands.
- [19] Van Der Wielen, P.C.J.M dkk, 2003, “*Evaluation of Different Types of Sensors and Their Positioning for On-line PD Detection and Localisation in Dsitribution Cables*”, Proc. Nordic Insulation Symposium (NORD-IS 03), Tempere, June 11-13, 2003.
- [20] Chang, Wen-zhi dkk, 2017, “*High Frequency Partial Discharge Measurement of Straight Power Cable Joint*”, Electrical Insulation Conference (EIC), Baltimore, MD, USA, 11-14 June 2017.
- [21] Hidayah, Desnantara. ” Kapasitor, Dasar Teori”. 26 Februari 2013. [Desnantara.blogspot.com/2013/02/kapasitor-dasar-teori.html?m=1](http://Desnantara.blogspot.com/2013/02/kapasitor-dasar-teori.html?m=1)