



TUGAS AKHIR – EE 184801

ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY

Samuel Simanungkalit
NRP 07111440000146

Dosen Pembimbing
Danar Fahmi, S.T., M.T.
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – EE 184801

ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY

Samuel Simanungkalit
NRP 07111440000146

Dosen Pembimbing
Danar Fahmi, S.T., M.T.
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT – EE 184801

PARTIAL DISCHARGE ANALYSIS IN INSULATOR BY USING VERY HIGH FREQUENCY METHOD

Samuel Simanungkalit
NRP 07111440000146

Supervisors
Daniar Fahmi, S.T., M.T.
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

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

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tugas akhir saya dengan judul **“ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2019



Samuel Simanungkalit
07111440000146

Halaman ini sengaja dikosongkan

**ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR
DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY**

TUGAS AKHIR


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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Daniar Fahmi, S.T., M.T. NIP 19890925 201404 1002


Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

NIP 19810905 200501 1002



Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY

Nama Mahasiswa : Samuel Simanungkalit
Pembimbing I : Daniar Fahmi, S.T., M.T.
Pembimbing II : Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Partial Discharge (PD) merupakan suatu fenomena yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi berupa peluahan sebagian sehingga menghubungkan dua elektroda terpisah. PD dapat menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas dari peralatan tegangan tinggi seiring berjalannya waktu peralatan tersebut bekerja karena PD menghasilkan panas, *arc* dan karbonisasi pada peralatan. PD tidak hanya menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi, melainkan juga dapat memberikan gangguan pada sumber daya listriknya. *Partial Discharge* yang akan dibahas berupa PD pada isolator yang baik dan isolator yang memiliki void. *Partial Discharge* terjadi pada bagian luar dari isolator yang baik, sedangkan pada isolator yang memiliki void, PD juga terjadi pada bagian dalam dari void tersebut. Saat ini pengujian PD masih menggunakan kopel generator, AE (*Acoustic Emission*) *Detector* dan termografi.

Tugas akhir ini membahas metode untuk mendeteksi PD pada isolator dengan cara yang lebih baik karena tidak diperlukan untuk bersentuhan langsung dengan peralatan. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode *Very High Frequency*. Metode ini menggunakan antena yang berfungsi sebagai alat bantu untuk menangkap sinyal gelombang daya yang dihasilkan oleh isolator. Diharapkan dengan metode ini dapat mendeteksi PD pada isolator sebelum terjadinya *breakdown voltage* atau *arc*.

Kata kunci : *Partial Discharge* (PD), *Very High Frequency* (VHF), Isolator, Arus Bocor.

Halaman ini sengaja dikosongkan

PARTIAL DISCHARGE ANALYSIS IN INSULATOR WITH VERY HIGH FREQUENCY METHOD

Name : Samuel Simanungkalit
Advisor I : Daniar Fahmi, S.T., M.T.
Advisor II : Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

Partial Discharge (PD) is a phenomenon that occurs in high voltage equipment in the form of partial discharge which connects two separate electrodes. PD can be one of the causes of the deterioration quality of high voltage equipment as the time goes by the equipment works because PD produces heat, arc, and carbonization on the equipment. PD does not only cause damage to high voltage equipment, but can also provide interference to the power source. Partial Discharge which will be discussed in the form of PD in good insulator and insulator that have void. Partial Discharge occurs on the outside of a good insulator, whereas in insulator that has void, PD occurs inside of the void. Currently, PD testing is still using a coupling generator, AE (Acoustic Emission) Detector and thermography.

This final project discusses method for detecting PD in insulator in a better way because it is not needed to be in direct contact with the equipment. The test were carried out using the Very High Frequency (VHF) method. This method uses an antenna that serves as a tool to capture the wave signal generated by the insulator. It is expected that this method can detect PD on the insulator before the breakdown voltage or arc occurs.

Keywords : Partial Discharge (PD), Very High Frequency (VHF), Insulator, Leakage Current

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan buku Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA PARTIAL DISCHARGE PADA ISOLATOR DENGAN METODE VERY HIGH FREQUENCY”** ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan Sarjana di Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul :

Atas selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantuk dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini :

1. Tuhan YME atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.
2. Orang tua dari penulis yang tak pernah berhenti memberikan kasih sayang dan doa pada penulis.
3. Bapak Daniar Fahmi, S.T., M.T. dan Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dari penulis yang selalu membimbing dari awal pengerjaan data dan buku Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi S.T., M. Eng. selaku Kepala Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Saudari dari penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
6. Keluarga besar e-54 yang selalu menemani kehidupan penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini.
7. Teman-teman perantauan *Kost Gria Pena, Kontrakan Sutorejo Prima Indah* yang selalu menemani penulis dalam dalam susah maupun senang selama di Surabaya.
8. *Arek Warkop Hello Kitty* dalam menjadi teman berkeluh kesah di setiap malam.
9. Dan semua pihak yang membantu penyusunan buku Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha maksimal dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini. Penulis berharap untuk menerima kritik dan saran untuk perbaikan dan pengembangan Tugas Akhir ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi segala pihak.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	5

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Partial Discharge (PD)	7
2.2 Metode Very High Frequency (VHF)	8
2.3 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC	8
2.4 Isolator	9
2.4.1. Isolator <i>void</i>	10
2.4.2 Isolator tanpa <i>void</i>	10
2.5 Isolasi Polimer.....	11
2.6 Resin Epoksi	11
2.6.1 Pematangan Resin Epoksi	12
2.7 Kekuatan Dielektrik	13

2.8	Antena.....	13
2.8.1	Klasifikasi frekuensi.....	13
2.8.2	Antena <i>Monopole</i>	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		17
3.1	Pembuatan Isolator	17
3.1.1	Isolator Tanpa <i>Void</i>	18
3.1.2	Perhitungan isolator tanpa <i>void</i>	20
3.1.3	Isolator Dengan <i>Void</i>	21
3.1.4	Perhitungan isolator dengan <i>void</i>	22
3.2	Konfigurasi Peralatan Pengujian.....	23
3.2.1	Modul Pembangkitan Tegangan Tinggi AC.....	25
3.2.2	Elektroda Uji	27
3.2.3	Isolator	27
3.2.4	Antena <i>Monopole</i>	29
3.2.5	<i>High Frequency Current Transformer</i> (HFCT)	30
3.2.6	Osiloskop	31
3.3	Pengujian <i>Partial Discharge</i>	31
3.4	Pengujian <i>Partial Discharge</i>	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Analisa <i>Partial Discharge</i> oleh Antena	37
4.1.1	Analisa PD oleh antenna pada isolator dengan <i>void</i>	37
4.1.2	Analisa PD oleh antenna pada isolator tanpa <i>void</i>	39
4.2	Analisa <i>Leakage Current</i> oleh HFCT	40
4.2.1	Analisa <i>leakage current</i> oleh HFCT pada isolator dengan <i>void</i>	40

4.2.2	Analisa <i>leakage current</i> oleh HFCT pada isolator tanpa <i>void</i>	42
4.3	Analisa <i>Phase Resolved Partial Discharge (PRPD)</i>	44
4.3.1	Analisa PRPD pada isolator dengan <i>void</i>	44
4.3.2	Analisa PRPD pada isolator tanpa <i>void</i>	46
4.3.3	Analisa PRPD pada kedua isolator	48
4.4	Metode <i>Leakage Current</i> sebagai Validasi Data dan Komparasi Data.....	49
4.5	Analisa Amplitudo Tegangan Antena	50
BAB 5 KESIMPULAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
BIODATA PENULIS.....		57

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram trafo uji (a) dengan bushing dan (b) tanpa bushing	9
Gambar 2.2	Rangkaian pengganti trafo uji satu tingkat	9
Gambar 2.3	Struktur ikatan kimia (a) <i>ethylene</i> dan (b) <i>polyethylene</i>	11
Gambar 2.4	Struktur molekul dasar resin epoksi, (a) <i>ethylene oxide</i> , (b) <i>triethylene oxide</i> , (c) <i>tetrahydrofuran</i> ..	11
Gambar 2.5	Reaksi pembentukan DGEBA Epoksi	12
Gambar 2.6	Struktur kimia MPDA.....	12
Gambar 2.7	Hasil reaksi campuran DGEBA + MPDA	12
Gambar 2.8	Konstruksi antena <i>monopole</i>	15
Gambar 3.1	<i>Diglycidyl Ether of Bisphenol A Epoxy</i> (DGEBA Epoxy).....	17
Gambar 3.2	<i>Metaphenyelene-diamine</i> (MPDA).....	18
Gambar 3.3	Modul vakum sederhana.....	19
Gambar 3.4	Proses vakum isolator	20
Gambar 3.5	Proses pengerasan isolator	21
Gambar 3.6	Rangkaian alat pengujian.....	23
Gambar 3.7	Peralatan pengujian PD.....	24
Gambar 3.8	Modul pembangkitan tegangan tinggi AC	25
Gambar 3.9	Rangkaian ekivalen.....	26
Gambar 3.10	<i>Control Box</i>	26
Gambar 3.11	Elektroda setengah bola	27
Gambar 3.12	Elektroda datar.....	27
Gambar 3.13	Isolator sedikit <i>void</i>	28
Gambar 3.14	Isolator dengan <i>void</i>	28
Gambar 3.15	Proses pengujian PD isolator	29
Gambar 3.16	Antena <i>Monopole</i>	30
Gambar 3.17	innovit iHFCT-54	32
Gambar 3.18	SIGLENT <i>Handheld Digital Oscilloscope</i> SHS1000.....	33
Gambar 3.19	File CSV : Source, CH1, CH2	33
Gambar 3.20	Tampilan Matlab R2011b	34
Gambar 3.21	Tampilan <i>import data</i> Matlab R2011b	36

Gambar 3.22	Hasil dari <i>plotting</i> sebuah data	37
Gambar 4.1	PD pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	38
Gambar 4.2	PD pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda datar	39
Gambar 4.3	PD pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	40
Gambar 4.4	PD pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda datar	41
Gambar 4.5	<i>Leakage current</i> pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	42
Gambar 4.6	<i>Leakage current</i> pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda datar	43
Gambar 4.7	<i>Leakage current</i> pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	43
Gambar 4.8	<i>Leakage current</i> pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda datar	43
Gambar 4.9	PRPD pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	44
Gambar 4.10	PRPD pada isolator dengan <i>void</i> dengan elektroda datar	45
Gambar 4.11	PRPD pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda setengah bola	46
Gambar 4.12	PRPD pada isolator tanpa <i>void</i> dengan elektroda datar	47
Gambar 4.13	Data <i>Very High Frequency Partial Discharge</i> dengan <i>Leakage Current</i> dengan elektroda datar	49
Gambar 4.14	Data <i>Very High Frequency Partial Discharge</i> dengan <i>Leakage Current</i> dengan elektroda datar	50
Gambar 4.15	Grafik pembacaan amplitudo antenna setiap kenaikan tegangan suplai	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi frekuensi	14
Tabel 3.1	Spesifikasi pembangkitan tegangan tinggi AC	26
Tabel 3.2	Spesifikasi innovit iHFCT-54	30
Tabel 4.1	Perbandingan tegangan antena dengan <i>applied voltage</i>	50

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isolator merupakan salah satu komponen utama pada sistem ketenagalistrikan. Peralatan listrik tegangan tinggi yang terdapat pada tempat pembangkitan listrik maupun pada saluran distribusi pasti membutuhkan isolator. Setiap isolator yang dibentuk sedemikian rupa mempunyai kualitas dan ketahanan yang berbeda-beda yang berfungsi agar penggunaan isolator pada peralatan listrik tegangan tinggi dapat sesuai dengan kebutuhannya masing-masing[1]. Salah satu pengujian yang dilakukan pada isolator agar dapat diketahui ketahanan dari isolator tersebut adalah dengan pengujian *Partial Discharge* (PD). Pengujian ini dapat dilakukan dengan metode *Very High Frequency* (VHF).

Partial Discharge merupakan suatu fenomena yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi berupa peluahan sebagian sehingga menghubungkan dua elektroda terpisah. PD dapat menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas dari peralatan tegangan tinggi seiring berjalannya waktu peralatan tersebut bekerja karena PD menghasilkan panas, *arc* dan karbonisasi pada peralatan. PD tidak hanya menyebabkan kerusakan pada peralatan tegangan tinggi, melainkan juga dapat memberikan gangguan pada sumber daya listriknya. *Partial Discharge* yang terjadi pada isolator dapat menyebabkan kerusakan pada isolator itu sendiri, hal ini dapat mengurangi kualitas dari isolator. Hal ini dapat menyebabkan isolator yang digunakan akan memiliki void. Void yang terdapat pada isolator disebabkan karena adanya tegangan yang melebihi nilai tahanan isolator tersebut. Hal ini dapat diperiksa dengan menggunakan metode *Very High Frequency*. Metode ini baik digunakan karena pengujian isolator dapat dilakukan tanpa bersentuhan langsung dengan isolator yang akan diuji.

Penggunaan metode *Very High Frequency* pada tugas akhir ini dapat mempermudah dalam pengujian PD pada isolator. Dimana dengan penggunaan metode ini, PD dapat dideteksi sebelum terjadinya *breakdown voltage* atau *arc* pada isolator yang diuji.. Metode ini menggunakan antena yang berfungsi sebagai alat bantu untuk menangkap sinyal gelombang daya yang dihasilkan oleh isolator. Diharapkan dengan

metode ini dapat mendeteksi PD pada isolator sebelum terjadinya *breakdown voltage* atau *arc*[2].

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara mendeteksi *Partial Discharge* pada isolator menggunakan antenna
2. Bagaimana karakteristik dari *Partial Discharge* pada isolator yang telah dideteksi menggunakan antenna
3. Bagaimana kondisi isolator setelah pengujian *Partial Discharge* menggunakan antenna dengan metode *Very High Frequency* (VHF)

1.3 Tujuan

Pengujian pada tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Penerapan metode *Very High Frequency* (VHF) dalam pengujian *Partial Discharge* pada isolator
2. Pengamatan *pre-breakdown voltage* pada isolator menggunakan antenna
3. Menganalisa perbedaan pengaruh *Partial Discharge* pada isolator yang baik dan isolator yang memiliki void.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Pengujian PD menggunakan pembangkitan tegangan tinggi AC
2. Antena yang digunakan dalam mendeteksi PD adalah antena monopole yang memiliki panjang 88cm dengan frekuensi 250 MHz
3. Jarak antar isolator dengan antenna adalah 25cm
4. Pengujian dilakukan setiap kenaikan 2kV dimulai dari tegangan 0kV hingga terjadinya desis pada isolator
5. Objek pengujian adalah isolator yang baik dan yang memiliki void yang menggunakan bahan resin Diglycidyl Ether of Bisphenol A Epoxy (DGEBA Epoxy) dan penguas *Metaphenyelene-diamine* (MPDA)
6. Isolator berukuran diameter 6cm, dan tinggi 1.8 cm
7. Elektroda yang digunakan saat pengujian PD elektroda setengah bola dan elektroda datar dengan bahan *stainless stell*
8. Suhu ruangan untuk pengujian PD diabaikan

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur dilakukan pencarian referensi berupa jurnal maupun buku yang terkait dengan judul tugas akhir. Referensi yang akan dicari yaitu meliputi hal yang terkait dengan pengujian *partial discharge* pada isolator menggunakan antena, serta peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian berupa software atau hardware seperti peralatan uji *pre-breakdown voltage*, *High Frequency Current Transformer* (HFCT), osiloskop, antena, isolator yang memiliki void dan yang tidak memiliki void, dan peralatan lainnya.

2. Pemodelan Rangkaian

Pada tahap pemodelan rangkaian, akan dilakukan perancangan modul pembangkitan tegangan tinggi AC. Beberapa peralatan yang diperlukan dalam pembangkitan tegangan tinggi AC antara lain *High Voltage Transformer* yang berfungsi sebagai trafo *step-up*, *Coupling Capacitor* yang berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan, *Measuring Resistor* yang berfungsi sebagai pembatas pengisian tegangan, *Resistor Damping* sebagai pembagi tegangan, *Grounding* sebagai pengaman dari peralatan pembangkitan, *Control Box* sebagai pengatur dalam pembangkitan tegangan, dan *High Frequency Current Transformer* (HFCT) yang digunakan sebagai penangkap sinyal arus berupa arus bocor atau *leakage current*.

3. Pengujian *Partial Discharge*

Setelah rangkain siap untuk digunakan, maka langkah selanjutnya yaitu pengujian *pre-breakdown voltage* pada isolator. Sebelum pembangkitan tegangan tinggi AC dilakukan, antena akan diletakkan berdekatan dengan isolator yang akan diuji yaitu sejauh 25cm agar mendapatkan nilai frekuensi dengan *noise* atau gangguan dari luar yang kecil. Kabel yang terdapat pada HFCT dan antena akan disambungkan dengan CH1 dan CH2 pada osiloskop. Kemudian pembangkitan tegangan tinggi AC dapat dilakukan. Pada proses ini maka bentuk gelombang pada isolator saat sebelum dan sesudah diberi tegangan akan dapat dilihat pada osiloskop.

4. Analisa Data

Setelah melakukan proses pengujian *pre-breakdown voltage*, maka akan dilakukan pengambilan data yang didapat dari osiloskop. Sinyal arus yang ditangkap oleh antena akan dihasilkan dalam bentuk gelombang sinus pada osiloskop dan dapat dilihat *electrical characteristic* dari PD pada isolator yang baik dan isolator yang memiliki void. Dalam pengolahan sinyal arus, osiloskop akan memperlihatkan perbedaan bentuk gelombang arus baik dari HFCT maupun antena. *Pre-breakdown voltage* yang dideteksi pada saat pengujian isolator yang baik dan isolator yang memiliki void terjadi pada tegangan yang berbeda.

5. Kesimpulan

Pada akhir penelitian akan ditarik kesimpulan berupa hal yang akan membedakan *Partial Discharge* pada isolator yang baik dan yang memiliki void yang terdapat pada analisa data.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang penyusunan tugas akhir. Teori penunjang yang digunakan adalah seperti *Partial Discharge* (PD) pada isolator, pembangkitan tegangan tinggi AC, bahan pembuatan isolator, karakteristik bentuk sinyal/gelombang PD.

BAB 3 : Metode Penelitian

Bab ini membahas mengenai perancangan alat untuk melakukan pengujian. Perancangan alat tersebut meliputi desain trafo, penggunaan alat uji *Partial Discharge*, dan penggunaan alat pengukuran.

BAB 4 : Analisa Data

Bab ini membahas mengenai pengolahan data dan sinyal yang didapat dari hasil uji PD, lalu dilakukan analisa hingga

didapat hasil berupa karakter sinyal/gelombang *Partial Discharge* pada isolator.

BAB 5 : Penutup

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran yang bisa diambil dari pengujian yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Hasil tugas akhir ini diharapkan mampu memberikan pengaruh positif, terutama dalam penggunaan metode *Very High Frequency* (VHF) yang digunakan untuk pemeriksaan kondisi ketahanan dari suatu isolator yang akan digunakan maupun dalam keadaan proses *maintetance* peralatan pada saluran distribusi maupun peralatan listrik lain yang menggunakan isolator bertegangan tinggi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Salah satu peralatan listrik yang merupakan menjadi komponen penting dari setiap peralatan pembangkit maupun distribusi listrik adalah isolator. Dengan baiknya ketahanan dari sebuah isolator maka akan meningkatkan ketahanan dari *arc*, karbonisasi, dan panas berlebih pada isolator tersebut. Dengan dilakukannya pengujian *pre-breakdown voltage* pada isolator, maka akan dapat mempertahankan kualitas dari isolator sebelum terjadinya *arc*, karbonisasi, dan panas berlebih pada isolator tersebut [1]. Kegagalan isolasi peralatan listrik salah satunya isolator merupakan hal penting karena dapat menyebabkan kegagalan yang tidak terduga pada sistem tenaga listrik. Salah satu penyebab kegagalan pada peralatan listrik adalah *Partial Discharge* (PD). PD dapat memberikan kerusakan pada bahan dielektrik yang terjadi seiring berjalannya waktu terjadinya PD. Salah satu cara dalam mendeteksi PD pada peralatan listrik yaitu dengan cara melakukan pengujian menggunakan metode *Very High Frequency* (VHF). Pendeteksian *pre-breakdown voltage* dengan VHF dapat didukung dengan menggunakan antena dan HFCT sebagai penangkap dan bentuk sinyal *leakage current* yang dihasilkan digunakan sebagai pembandingan antara kedua sinyal tersebut. [2].

2.1 Partial Discharge (PD)

Partial Discharge (PD) merupakan suatu fenomena yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi berupa peluahan sebagian sehingga menghubungkan dua elektroda terpisah. PD dapat menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas dari peralatan tegangan tinggi seiring berjalannya waktu peralatan tersebut bekerja karena PD menghasilkan panas, *arc* dan karbonisasi pada peralatan. PD pada isolator yang baik terjadi pada bagian dinding isolator, sedangkan PD pada isolator yang memiliki void terjadi pada gelembung-gelembung void yang terdapat pada isolator tersebut. Fenomena *pre-breakdown voltage* yang terjadi pada peralatan listrik tegangan tinggi menghasilkan getaran gelombang elektromagnetik. Getaran gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh PD terjadi pada frekuensi yang sangat tinggi [3].

2.2 Metode Very High Frequency (VHF)

Sistem pendeteksian *Partial Discharge* (PD) dilakukan dengan mendeteksi getaran gelombang elektromagnetik saat pengujian peralatan listrik tegangan tinggi dengan peralatan pendeteksi *Very High Frequency* (VHF). Sinyal frekuensi gelombang yang dapat diterima dengan metode VHF adalah sinyal dengan batasan frekuensi dari 30 MHz sampai dengan 300 MHz. Pengujian deteksi PD dengan metode VHF dapat dilakukan berdasarkan standar IEC 60270. Metode ini baik digunakan karena peralatan tidak perlu berhubungan langsung dengan penguji. Pengujian yang dilakukan merupakan pengujian *pre-breakdown voltage* pada 2 isolator dengan menggunakan metode VHF. Isolator yang akan diuji adalah isolator yang baik dan isolator yang memiliki void. Pengujian dibantu dengan menggunakan antena yang dapat menangkap sinyal dengan frekuensi 30 MHz – 300 MHz . Dalam memperoleh karakteristik fenomena *pre-breakdown voltage* pada isolator menggunakan metode VHF pada pengujian isolator tidak hanya dibantu antena saja, tetapi beberapa alat lain dapat membantu antara lain, osiloskop yang digunakan untuk mengolah sinyal arus yang didapat dari antena dan *High Frequency Current Transformer* (HFCT)[4].

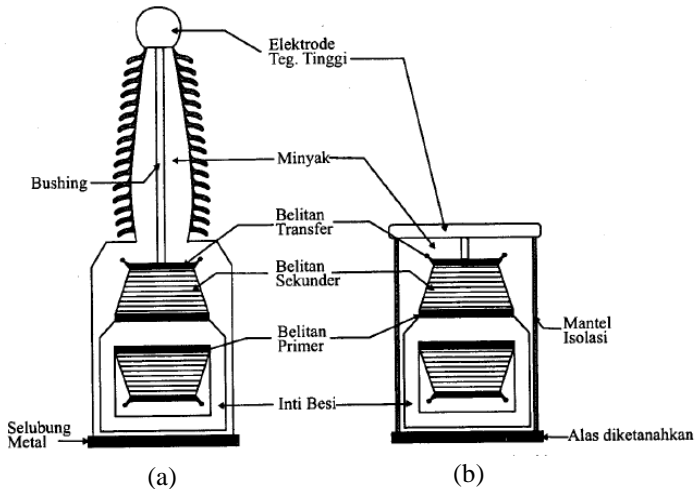
2.3 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC

Pengujian isolasi peralatan tegangan tinggi dilakukan untuk menentukan kekuatan suatu isolasi peralatan tegangan tinggi dalam percobaan. Dalam pengujian isolasi peralatan tegangan tinggi, tentu dibutuhkan tegangan yang besar juga. Pengukuran ketahanan isolasi biasanya dilakukan dengan tegangan yang lebih dari 1000V atau 1kV. Standar internasional mensyaratkan tegangan tinggi AC harus mempunyai bentuk sinus yang baik, pengaturan peningkatan tegangan yang cukup halus. Nilai puncak tegangan v tidak boleh bervariasi lebih dari $\pm 5\%$ nilai tegangan efektif V_{eff} dikali $\sqrt{2}$. Nilai tegangan efektif ini didefinisikan sebagai :

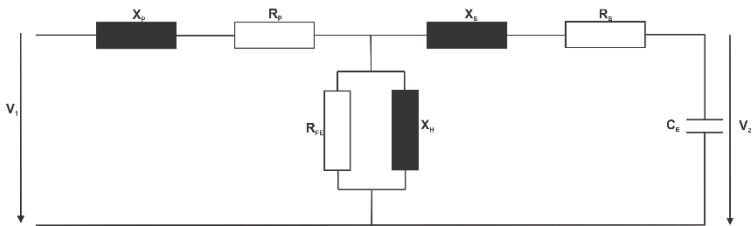
$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

Pembangkitan tegangan tinggi AC dapat dilakukan dengan Trafo uji tegangan tinggi. Trafo uji tegangan tinggi merupakan trafo satu fasa. Rating trafo uji tegangan tinggi umumnya disesuaikan dengan benda uji.

Trafo uji tegangan tinggi secara umum tidak mengalami masalah dengan pendinginan karena umumnya dioperasikan dalam waktu singkat dan efek gaya magnetic dapat diabaikan. Panas yang berlebih pada belitan trafo uji disebabkan oleh beban. Belitan tegangan tinggi umumnya dapat diisolasi sampai dengan 100kV[7].



Gambar 2.1 Diagram trafo uji (a) dengan bushing dan (b) tanpa bushing



Gambar 2.2 Rangkaian pengganti trafo uji satu tingkat

2.4 Isolator

Pada saluran transmisi dan sistem distribusi, setiap konduktor dan konduktor yang lainnya menggunakan udara sebagai isolasi, sementara konduktor yang dilapisi oleh material isolasi yang padat disebut sebut

sebagai isolator. Isolator yang biasa digunakan adalah isolator berbahan keramik (*porcelain*), kaca dan polimer, yang mana memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dibandingkan dengan material keramik dan kaca, isolator yang menggunakan material polimer memiliki kelebihan, yaitu berupa resistivitas volume dan sifat termal yang baik. [6]. Salah satu bahan polimer yang paling mudah dicari dan digunakan adalah resin epoxy. Jenis epoxy yang paling baik digunakan dalam pembuatan isolator adalah *Diglycidyl Ether of Bisphenol A Epoxy* (DGEBA Epoxy).

2.4.1. Isolator void

Beberapa tipe bahan dielektrik merupakan bagian penting dalam sistem tenaga. Bahan yang digunakan biasanya bekerja pada tegangan listrik yang tinggi yang mana akan berpengaruh pada umur bahan dielektrik apabila bekerja dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, *Partial Discharge* merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mengevaluasi ketahanan isolasi tegangan tinggi. Isolasi yang memiliki void, terutama pada isolator merupakan gejala berupa adanya gelembung udara yang terdapat di dalam isolator tersebut. Hal ini pasti terjadi pada bahan isolator yang tidak di vakum. Isolator yang diciptakan menggunakan bahan resin akan dapat menghasilkan void lebih banyak dibandingkan bahan lainnya. *Void* pada isolator juga dapat berpengaruh pada PD. Ketika jarak *void* meningkat atau semakin banyak jumlah *void* pada daerah tertentu, tingkat pembangkitkan elektron akan semakin meningkat yang disebabkan oleh ionisasi volume dan nilai muatan akan meningkat. Ketika daerah *void* mengurang, maka tegangan awal juga akan mengurang[5].

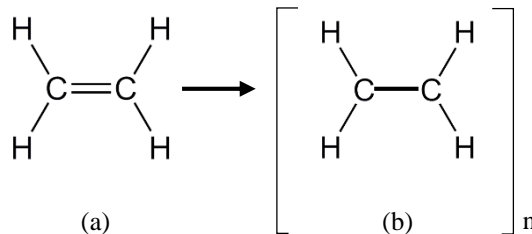
2.4.2 Isolator tanpa void

Isolator adalah salah satu peralatan listrik sistem tenaga yang penting. Ada banyak material yang digunakan dalam pembuatan isolator dalam peralatan listrik. Epoxy resin merupakan salah satu bahan pembuat isolator polimer yang mana isolasi tersebut yang dapat digunakan di dalam maupun di luar isolator. Dalam keadaan beroperasi isolator yang biasa digunakan adalah isolator yang baik, atau dengan kata lain isolator yang tidak memiliki *void*. Isolator yang baik akan dapat baik juga dalam menahan arus. Ketahanan dari permukaan isolator akan mengurangi terjadinya *Leakage Current* (LK). Arus bocor akan terjadi pada isolator tanpa void apabila tegangan yang dialirkan sudah melebihi batas dari ketahanan isolator tersebut. Isolator yang tidak mempunyai *void* baik

pada permukaan maupun pada bagian dalamnya akan jauh memiliki ketahanan tegangan tembus yang lebih besar dibanding isolator yang memiliki *void* pada bagian permukaan luar maupun bagian dalam isolator tersebut[6].

2.5 Isolasi Polimer

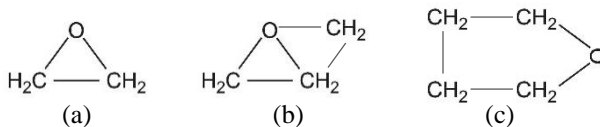
Isolasi polimer mempunyai struktur kimia yang terdiri atas molekul ulangan unit monomer atau mer yang biasanya diberi nama awalan *poly* pada awalan monomer, contoh monomer *ethylene* adalah monomer ulangan pada *polyethylene* seperti rumus kimia dibawah.



Gambar 2.3 Struktur ikatan kimia (a) *ethylene* dan (b) *polyethylene*

2.6 Resin Epoksi

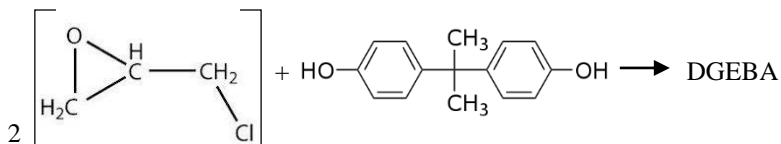
Resin epoksi merupakan suatu produk yang dihasilkan oleh reaksi bahan dasar dan pengeras. Resin epoksi merupakan polimer yang mengandung atom oksigen dengan atom carbon sehingga terbentuk *ethylene oxide*, *triethylene oxide*, dan *tetrahydrofuran*.



Gambar 2.4 Struktur molekul dasar resin epoksi, (a) *ethylene oxide*, (b) *triethylene oxide*, (c) *tetrahydrofuran*

Bahan dasar resin epoksi yang banyak digunakan adalah *bisphenol A* karena bahan ini mudah didapatkan. *Bisphenol A* adalah bahan isolasi polimer yang merupakan bahan dasar dari epoksi resin yang dihasilkan dari *phenol* dan *acetone*. Pada perkembangannya *bisphenol A* diganti dengan isolasi polimer jenis epoksi sikloalifatik dengan bahan dasar dari

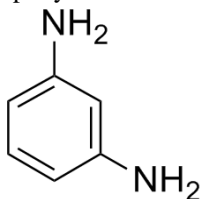
diglycidly ether of bisphenol A (DGEBA). Resin epoksi ini adalah kombinasi dari *bisphenol A* dan *epichlorohydrin*.



Gambar 2.5 Reaksi pembentukan DGEBA Epoksi

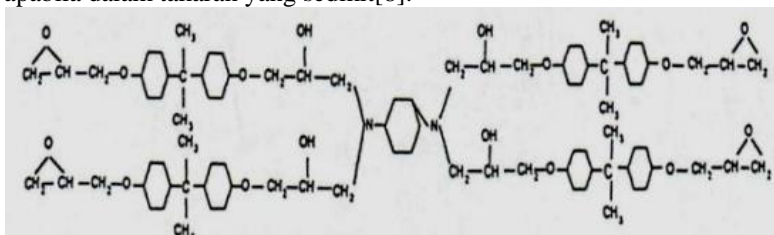
2.6.1 Pematangan Resin Epoksi

Secara fungsi, pematangan pada resin epoksi dibedakan menjadi tiga teknik pencampuran, yaitu dengan *Hidroksil* (R – OH), Amine, dan *Acid anhydride*. Setiap jenis zat memiliki kadar yang berbeda dalam proses pencampuran. Zat yang biasanya dijual bersamaan dengan DGEBA Epoksi adalah *Metaphenyelene-diamine* (MPDA) yang merupakan teknik pencampuran dengan *amine*. MPDA merupakan bahan berwarna kuning yang mempunyai berat molekul 108.



Gambar 2.6 Struktur kimia MPDA

Pembentukan ikatan silang antara bahan dasar (DGEBA) dan bahan pengeras (MPDA) dapat menghasilkan bahan yang warnanya kuning bening apabila dalam takaran yang banyak dan berwarna putih apabila dalam takaran yang sedikit[8].



Gambar 2.7 Hasil reaksi campuran DGEBA + MPDA

2.7 Kekuatan Dielektrik

Bahan dengan permitivitas dielektrik yang tinggi sangat penting dalam komponen kelistrikan seperti kapasitor, isolasi, dan berbagai peralatan listrik lainnya. Kekuatan dielektrik merupakan tingkat ketahanan yang dimiliki suatu bahan terhadap tegangan listrik yang tertinggi yang dapat ditahan oleh suatu bahan dielektrik tanpa merubah sifatnya menjadi konduktif. Kekuatan dielektrik memiliki rumus sebagai berikut :

$$\text{Kekuatan Dielektrik} = \frac{\text{Breakdown voltage}}{\text{jarak antar elektroda}}$$

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa kekuatan dielektrik dari suatu bahan dipengaruhi oleh *breakdown voltage* dan nilai jarak antar elektrodanya. Kekuatan pada suatu bahan isolasi pada umumnya akan terus menurun apabila diberi tegangan yang melebihi dari kekuatan dielektriknya[7].

2.8 Antena

Antena adalah komponen dasar pada setiap sistem elektrik yang mana memberikan hubungan antara *transmitter* dan daerah bebas atau dari daerah bebas ke *receiver*. Antena mempunyai peran penting dalam menganalisa karakteristik pada sistem dimana antena itu digunakan. Antena digunakan pada sistem yang berbeda-beda dalam bentuk yang berbeda juga. Ada beberapa definisi tentang antena yaitu :

1. Standar IEEE (IEEE Std 145-1983) “antena adalah radiasi atau penerimaan gelombang radio”
2. Antena adalah peralatan yang mengkonversikan sinyal elektrik menjadi gelombang elektromagnetik ataupun gelombang elektromagnetik menjadi sinyal elektrik yang efektif dengan kerugian sinyal yang sedikit
3. Sebuah antena umumnya adalah sebuah peralatan pengubah yang akan mengkonversikan impedansi dari hasil transmisi[9]

2.8.1 Klasifikasi frekuensi

Spektrum gelombang elektromagnetik didapat dari pemberian arus bolak balik kepada bahan isolasi yang antena, dan kemudian antena akan menangkap sinyal tersebut dan akan menghasilkan gelombang arus. Berdasarkan table 2.1, terdapat beberapa klasifikasi frekuensi yang

memiliki perbedaan panjang gelombang. Setiap perbedaan frekuensi dan panjang gelombang mempunyai jenis band tersendiri. Dimulai dengan *Very Low Frequency* (VLF) dengan frekuensi 3-30 kHz dan panjang gelombang 10-100 km sampai dengan *Extremely High Frequency* (EHF) dengan frekuensi 30-300 GHz dan panjang gelombang 1-10 mm.

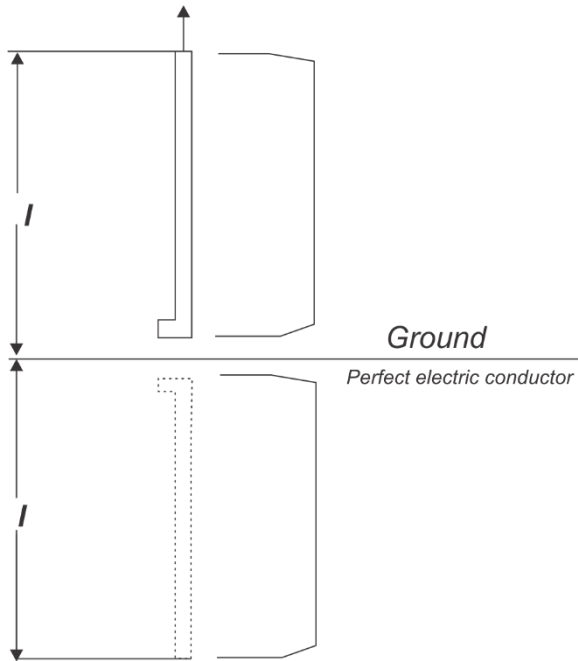
Tabel 2.1 Klasifikasi frekuensi

No	Frekuensi	Jenis Band	Panjang Gelombang
1	3-30 kHz	<i>Very Low Frequency</i> (VLF)	10-100 km
2	30-300 kHz	<i>Low Frequency</i> (LF)	1-10 km
3	300-3.000 kHz	<i>Medium Frequency</i> (MF)	100-1.000 m
4	3-30 MHz	<i>High Frequency</i> (HF)	10-100 m
5	30-300 MHz	<i>Very High Frequency</i> (VHF)	1-10 m
6	300-3.000 MHz	<i>Ultra High Frequency</i> (UHF)	100-1.000 mm
7	3-30 GHz	<i>Super High Frequency</i> (SHF)	10-100 mm
8	30-300 GHz	<i>Extremely High Frequency</i> (EHF)	1-10 mm

2.8.2 Antena *Monopole*

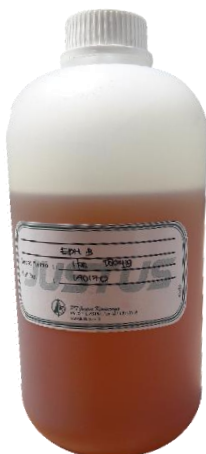
Sinyal gelombang radio yang dihasilkan oleh spektrum gelombang elektromagnetik memiliki beberapa nilai frekuensi yang dapat ditangkap oleh antena. Salah satu antena yang dapat digunakan adalah jenis antena *monopole*. Antena ini memiliki frekuensi operasi yang dapat dioperasikan dalam menggunakan metode *Very High Frequency* (VHF). Frekuensi yang dapat ditangkap oleh antena *monopole* ini adalah 100-300 MHz. Panjang gelombang yang dihasilkan dengan metode VHF adalah 1-10m. Gelombang radio yang dipancarkan secara lurus. Kelebihan dari gelombang VHF ini adalah dapat menembus lapisan ionosfer, sehingga dapat dimanfaatkan untuk komunikasi satelit. Metode ini dapat digunakan dalam pengujian PD. PD yang dihasilkan oleh isolator akan menghasilkan spektrum gelombang radio berupa sinyal arus yang akan

ditangkap oleh antenna *monopole*. Sinyal gelombang yang ditangkap oleh antenna *monopole* sama halnya dengan antenna *dipole*, yaitu sinyal yang ditangkap berupa sinyal arus yang arah peralatan uji tegak lurus dengan antenna.



Gambar 2.8 Konstruksi antenna *monopole*

Halaman ini sengaja dikosongkan



Gambar 3.2 *Metaphenyelene-diamine* (MPDA)

Proses pembuatan isolator memerlukan beberapa peralatan yaitu berupa timbangan yang digunakan untuk mengukur massa dengan presisi dari kedua resin, cetakan (gelas plastik) yang digunakan sebagai cetakan agar menghasilkan bentuk isolator yang akan diuji, Wadah Material (gelas plastik) digunakan untuk tempat salah satu resin sebelum kedua resin dicampurkan, pengaduk yang digunakan untuk mengaduk kedua resin setelah dicampur ke dalam satu wadah. Proses pengadukan dibutuhkan waktu selama 10-15 menit agar kedua resin dapat tercampur dengan sempurna. Campuran antara resin DGEBA yang berwarna bening dan pengeras MPDA yang berwarna kuning akan menghasilkan warna putih setelah proses pencampuran. Untuk prosedur penghitungan takaran resin agar presisi dibutuhkan beberapa prosedur yaitu menghitung volume cetakan spesimen, menghitung massa, dan menghitung komposisi takaran resin DGEBA Epoksi dan pengeras MPDA.

3.1.1 Isolator Tanpa Void

Dalam pengujian PD, isolator yang akan dibuat merupakan isolator tanpa void dan isolator yang memiliki *void*. Pada bagian ini, isolator yang dibuat adalah isolator tanpa *void*. Proses pembuatan isolator tanpa *void* adalah sama seperti pembuatan spesimen pada umumnya yaitu dengan melakukan pencampuran resin DGEBA Epoksi dan pengeras MPDA. Komposisi resin DGEBA Epoksi dan pengeras MPDA adalah

masing-masing 50%. Setelah kedua resin ditempatkan pada wadah material masing-masing, kemudian kedua resin tersebut dicampurkan ke dalam wadah yang baru dan mengaduknya dalam waktu 10-15 menit. Setelah proses pencampuran selesai, maka selanjutnya adalah menuangkan resin yang telah dicampur ke dalam cetakan yang sudah diberi Wax. Wax berfungsi sebagai pelican, agar spesimen dapat dikeluarkan dari cetakan dengan mudah setelah spesimen tersebut mengeras. Di dalam cetakan dapat dilihat *void* pada campuran kedua resin tersebut. Cara mengurangi *void* pada spesimen adalah dengan cara menggunakan vakum. Proses vakum dilakukan di lab inovasi material. Bentuk vakum dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Modul vakum sederhana

Proses vakum merupakan proses penarikan gelembung udara atau *void* yang terdapat pada spesimen agar menghasilkan spesimen yang baik. Proses vakum dilakukan selama 2-3 jam. Tekanan yang digunakan dalam menghitung tekanan udara adalah 0.138bar atau dalam tekanan 2psi. setelah proses vakum selesai, suhu spesimen akan meningkat dan spesimen akan mengeras. Setelah spesimen mengeras, maka spesimen isolator tersebut dapat diuji.



Gambar 3.4 Proses vakum isolator

3.1.2 Perhitungan isolator tanpa *void*

Isolator yang akan dibuat adalah isolator dengan *void*. Terdapat beberapa langkah dalam pembuatan isolator yaitu, menentukan volume cetakan, menghitung massa spesimen isolator yang akan dibuat, menentukan banyak komposisi resin DGEBA Epoksi dan pengeras MPDA. Proses penghitungan dilakukan sebagai berikut :

1. Menghitung volume cetakan gelas

$$t = 1,8 \text{ cm}$$

$$r = 3 \text{ cm}$$

$$\rho = 1,2 \text{ gr,cm}^3$$

$$V1(\text{bawah}) = \pi \times r^2 \times t$$

$$V1(\text{bawah}) = 3,14 \times 3\text{cm} \times 3\text{cm} \times 1,8\text{cm}$$

$$V1(\text{bawah}) = 16,956 \text{ cm}^3$$

$$V2(\text{atas}) = \pi \times r^2 \times t$$

$$V2(\text{atas}) = 3,14 \times 3,1\text{cm} \times 3,1\text{cm} \times 1,8\text{cm}$$

$$V2(\text{atas}) = 17,52 \text{ cm}^3$$

$$V \text{ Sebenarnya} = V1 + (V2 - V1)/2$$

$$V \text{ Sebenarnya} = 16,956\text{cm}^3 + (17,52\text{cm}^3 - 16,956\text{cm}^3)/2$$

$$V \text{ Sebenarnya} = 17,238 \text{ cm}^3$$

2. Menghitung massa spesimen isolator
Massa = $\rho \times V$
Massa = $1,2 \text{ gr/cm}^3 \times 17,238\text{cm}^3$
Massa = 20.6856 gr

3. Menghitung komposisi campuran resin, pengeras, dan peroksida
Komposisi Resin A = 50% x Massa
Komposisi Resin A = 50% x 20,6856gr
Komposisi Resin A = 10,34 gr

Komposisi Resin B = 50% x Massa
Komposisi Resin B = 50% x 20,6856gr
Komposisi Resin B = 10,34 gr

3.1.3 Isolator Dengan *Void*

Dalam proses pembuatan isolator dengan *void* diperlukan satu bahan berupa peroksida yang nantinya akan membantu dalam pembuatan gelembung udara atau *void*. Komposisi antara resin DGEBA Epoksi, pengeras MPDA, dan peroksida adalah 47%, 47%, dan 6%. Dalam proses menciptakan *void* pada spesimen tidak memerlukan vakum. Spesimen yang terdapat pada cetakan akan dibiarkan selama 1 hari sampai spesimen tersebut mengeras. Setelah spesimen mengeras, maka spesimen isolator tersebut dapat diuji.



Gambar 3.5 Proses pengerasan isolator

3.1.4 Perhitungan isolator dengan void

Isolator yang akan dibuat adalah isolator dengan *void*. Terdapat beberapa langkah dalam pembuatan isolator yaitu, menentukan volume cetakan, menghitung massa spesimen isolator yang akan dibuat, menentukan banyak komposisi resin DGEBA Epoksi, pengeras MPDA dan peroksida. Proses penghitungan dilakukan sebagai berikut :

1. Menghitung volume cetakan gelas

$$t = 1,8 \text{ cm}$$

$$r = 3 \text{ cm}$$

$$\rho = 1,2 \text{ gr,cm}^3$$

$$V1(\text{bawah}) = \pi \times r^2 \times t$$

$$V1(\text{bawah}) = 3,14 \times 3\text{cm} \times 3\text{cm} \times 1,8\text{cm}$$

$$V1(\text{bawah}) = 16,956 \text{ cm}^3$$

$$V2(\text{atas}) = \pi \times r^2 \times t$$

$$V2(\text{atas}) = 3,14 \times 3,1\text{cm} \times 3,1\text{cm} \times 1,8\text{cm}$$

$$V2(\text{atas}) = 17,52 \text{ cm}^3$$

$$V \text{ Sebenarnya} = V1 + (V2 - V1)/2$$

$$V \text{ Sebenarnya} = 16,956\text{cm}^3 + (17,52\text{cm}^3 - 16,956\text{cm}^3)/2$$

$$V \text{ Sebenarnya} = 17,238 \text{ cm}^3$$

2. Menghitung massa spesimen isolator

$$\text{Massa} = \rho \times V$$

$$\text{Massa} = 1,2 \text{ gr/cm}^3 \times 17,238\text{cm}^3$$

$$\text{Massa} = 20,6856 \text{ gr}$$

3. Menghitung komposisi campuran resin, pengeras, dan peroksida

$$\text{Komposisi Resin A} = 47\% \times \text{Massa}$$

$$\text{Komposisi Resin A} = 47\% \times 20,6856\text{gr}$$

$$\text{Komposisi Resin A} = 9,72 \text{ gr}$$

$$\text{Komposisi Resin B} = 47\% \times \text{Massa}$$

$$\text{Komposisi Resin B} = 47\% \times 20,6856\text{gr}$$

$$\text{Komposisi Resin B} = 9,72 \text{ gr}$$

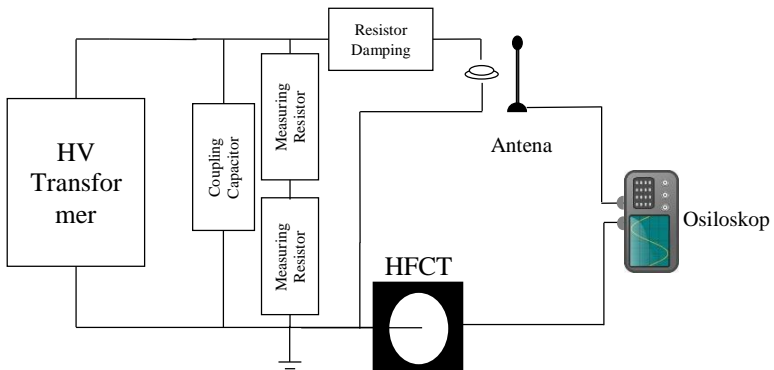
$$\text{Komposisi Peroksida} = 6\% \times \text{Massa}$$

$$\text{Komposisi Peroksida} = 6\% \times 20,6856\text{gr}$$

$$\text{Komposisi Peroksida} = 1,24 \text{ gr}$$

3.2 Konfigurasi Peralatan Pengujian

Pada pengujian *Partial Discharge* dibutuhkan beberapa peralatan. Terdapat dua jenis peralatan yang digunakan yaitu berupa *hardware* dan *software*. Perbedaan dari penggunaan dua peralatan ini yaitu, *hardware* merupakan perangkat yang digunakan untuk melakukan pengujian dan akan menghasilkan sinyal, sementara *software* merupakan perangkat yang digunakan untuk mengolah sinyal yang dihasilkan oleh pengujian *hardware*. Peralatan *hardware* yang digunakan adalah *High Voltage Transformer* yang berfungsi sebagai trafo *step-up*, *Coupling Capacitor* yang berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan, *Measuring Resistor* yang berfungsi sebagai pembatas pengisian tegangan, *Resistor Damping* sebagai pembagi tegangan, *Grounding* sebagai pengaman dari peralatan pembangkitan, *Control Box* sebagai pengatur dalam pembangkitan tegangan, dan *High Frequency Current Transformer (HFCT)* yang digunakan sebagai penangkap sinyal arus bocor atau *leakage current*, antenna *monopole* yang digunakan untuk menangkap sinyal arus, *Handheld Digital Oscilloscope* yang digunakan untuk menghasilkan sinyal arus yang ditangkap oleh HFCT dan antenna *monopole* yang bentuk sinyalnya berupa gelombang sinus.



Gambar 3.6 Rangkaian alat pengujian

Peralatan *software* yang digunakan adalah Matlab 2011b yang berfungsi sebagai output sementara hasil dari PD yang didapat dari osiloskop berupa sinyal arus diterima oleh antenna dan HFCT, sedangkan

Microsoft Excel merupakan perangkat yang digunakan untuk mengolah sinyal gelombang arus yang didapatkan dari Matlab 2011b.



Gambar 3.7 Peralatan pengujian PD

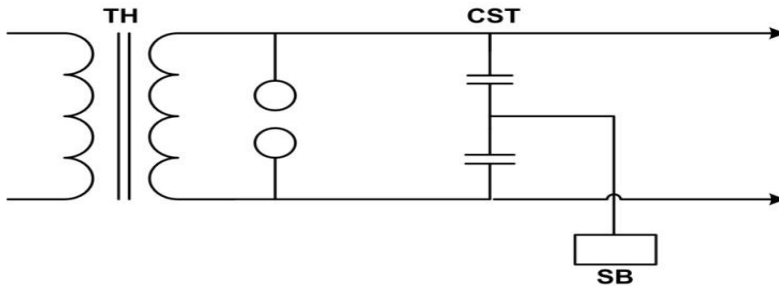
Pada peralatan pengujian di atas, dapat dilihat bahwa isolator diletakkan diantara dua elektroda setengah bola. Isolator tersebut diapit oleh kedua elektroda. Antena *monopole* yang digunakan pada pengujian berfungsi untuk mendeteksi *partial discharge*. Sinyal yang ditangkap oleh antena *monopole* berupa sinyal elektromagnetik yang muncul ketika terjadi PD pada isolator. *High Frequency Current Transformer* digunakan untuk mendeteksi sinyal arus bocor atau *leakage current* saat PD sudah terjadi pada isolator. Antena *monopole* dan HFCT disambungkan pada *Handheld Digital Oscilloscope* untuk mendapatkan sinyal arus dengan fasa yang sama. Sinyal yang telah dihasilkan oleh osiloskop akan diambil menggunakan flashdisk dalam bentuk file CSV. Kemudian file yang sudah didapat akan dibuka melalui Matlab 2011b, dan kemudian diolah melalui matlab menggunakan bantuan Microsoft Excel.

3.2.1 Modul Pembangkitan Tegangan Tinggi AC



Gambar 3.8 Modul pembangkitan tegangan tinggi AC

Pembangkitan tegangan tinggi AC yang dirancang dan diimplementasikan pada pengujian kali ini menggunakan peralatan pembangkitan tegangan tinggi AC yang terdapat pada lab tegangan tinggi elektro ITS. Pembangkitan tegangan tinggi AC yang dihasilkan menggunakan beberapa peralatan antara lain, *High Voltage Transformer* 80kV, *Capacitor Voltage Transformer (CVT)*, *Coupling Capacitor*, *Measuring Resistor*, *Resistor Damping*, *Control Box*, dan *grounding*. *High Voltage Transformer* berfungsi sebagai trafo step-up yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. *Coupling Capacitor* yang berfungsi untuk mengurangi ripple tegangan *Measuring Resistor* yang berfungsi sebagai pembatas pengisian tegangan. *Resistor Damping* sebagai pembagi tegangan *Grounding* sebagai pengaman dari peralatan pembangkitan, *Control Box* sebagai pengatur dalam pembangkitan tegangan.



Gambar 3.9 Rangkaian ekivalen

Tabel 3.1 Spesifikasi pembangkitan tegangan tinggi AC

<i>High Voltage Transformer</i>	80 kV rms, 5 kVA
<i>Capacitor Divider</i>	80 kV rms, 400 kV Impulse, 500 pF
<i>Measuring Resistor with Test Jack</i>	200 kV DC, 800 MΩ

High Voltage Transformer memiliki perbandingan tegangan 220V/80kV. Dari perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa tegangan input trafo adalah 220V sedangkan tegangan output dari trafo adalah 80kV. Nilai tersebut dapat diatur menggunakan *control box* yang dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Control Box

3.2.2 Elektroda Uji

Elektroda adalah konduktor yang mana aliran arus listrik keluar masuk pada suatu sarana tertentu yang terpadat pada instrumen listrik atau konduktor yang digunakan untuk menghantarkan arus listrik ke satu arah dan menahan arus listrik yang datang dari arah sebaliknya. Elektroda yang digunakan pada pengujian ini adalah elektroda setengah bola dan elektroda datar. Elektroda yang digunakan terbuat dari bahan *stainless stell*. Jarak antar elektroda sesuai dengan ukuran isolator yang akan diuji



Gambar 3.11 Elektroda setengah bola



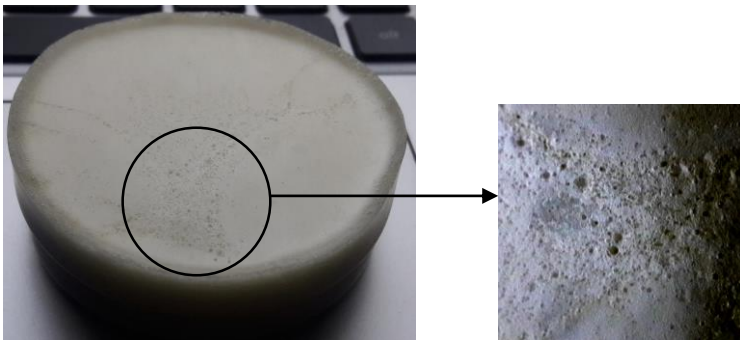
Gambar 3.12 Elektroda datar

3.2.3 Isolator

Isolasi yang digunakan adalah isolator polimer yang merupakan campuran dari resin DGEBA Epoksi dan pengeras MPDA. Komposisi campuran untuk isolator tanpa void adalah 1:1 atau 50% massa DGEBA Epoksi dan 50% massa MPDA.



Gambar 3.13 Isolator sedikit *void*



Gambar 3.14 Isolator dengan *void*

Spesimen isolator yang telah mengeras memiliki ukuran tinggi 1.8cm dan diameter 6cm. Isolator yang akan diuji ditempatkan antar kedua elektroda setengah bola, dan akan diberi tegangan sampai PD. Tegangan yang diberikan tidak boleh sampai melewati fasa *pre-breakdown voltage* pada isolator tersebut. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada spesimen isolator yang akan diuji.



Gambar 3.15 Proses pengujian PD pada isolator

3.2.4 Antena Monopole

Antena yang digunakan pada pengujian ini adalah antena *monopole*. Antena berfungsi untuk menangkap gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh *partial discharge*. Antena ini terdiri dari 3 bagian yaitu, batang konduktor, *ground*, dan kabel *coaxial* yang digunakan untuk mengirimkan data sinyal yang ditangkap oleh antena menuju osiloskop.



Gambar 3.16 Antena *Monopole*

3.2.5 High Frequency Current Transformer (HFCT)

High Frequency Current Transformer (HFCT) merupakan suatu peralatan listrik tegangan tinggi yang digunakan untuk mendeteksi PD yang terjadi pada kabel. Bentuk sinyal yang dideteksi oleh HFCT merupakan sinyal sinusoidal yang akan terus berlangsung selama proses pengujian terjadi. Bentuk gelombang yang dihasilkan oleh HFCT berbanding terbalik dengan yang dihasilkan oleh antenna.



Gambar 3.17 innovit iHFCT-54

Tabel 3.2 Spesifikasi innovit iHFCT-54

<i>Type</i>	<i>iHFCT-54</i>
<i>Application</i>	<i>Indoor or Outdoor</i>
<i>Bandwidth</i>	0,3-150 MHz
<i>Sensitivity</i>	$I_{in} 1mA$ (P-P), $V_{out} \geq 16mV$ (P-P)
<i>Load Impedance</i>	50 Ω
<i>Operating Temperature</i>	-45 ~ +80 °C
<i>Storage Temperature</i>	-55 ~ +90 °C
<i>Signal Termination</i>	BNC or N-50
<i>Protection Class</i>	Up to IP68
<i>Internal Diameter</i>	$\phi 54$
<i>Weight</i>	0,855 Kg
<i>Dimensions</i>	128,4mm x 110mm x 30mm

3.2.6 Osiloskop

Osiloskop merupakan peralatan elektronika yang berupa alat ukur yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal listrik yang terdapat pada pengujian menjadi bentuk sinyal tegangan. Osiloskop yang digunakan adalah *SIGLENT Handheld Digital Oscilloscope SHS1062*. Pada proses pengujian PD, osiloskop berfungsi untuk menampilkan sinyal elektromagnetik dari PD oleh antena *monopole* dan sinyal *leakage current* dari HFCT.



Gambar 3.18 SIGLENT *Handheld Digital Oscilloscope SHS1000*

3.3 Pengujian *Partial Discharge*

Pengujian dan pengambilan data *Partial Discharge* yang membutuhkan beberapa peralatan tegangan tinggi yang terdapat di laboratorium tegangan tinggi ITS. Sebelum pengambilan data PD, hal pertama yang dilakukan adalah pembuatan isolator yang dilakukan di lab inovasi material ITS. Dalam pembuatan isolator dibutuhkan beberapa peralatan dan bahan-bahan khusus terutama bahan yang digunakan untuk pembuatan spesimen isolator. Massa DGEBA Epoksi dan MPDA yang ditimbang adalah 1:1 atau sebanding untuk pembuatan spesimen isolator tanpa *void*. sementara untuk pembuatan isolator yang memiliki *void*, dibutuhkan peroksida dengan takaran 6%. Massa DGEBA Epoksi dan MPDA yang digunakan untuk menghasilkan isolator tanpa *void* adalah sama-sama seberat 10,34 gram 10,34 gram didapat dari perhitungan manual yang mana massa spesimen isolator yang diinginkan adalah 20,68 gram. Setelah melakukan pengukuran yang presisi, akan dilakukan proses

vakum pada isolator pertama, vakum dilakukan agar dapat mengurangi *void* yang dihasilkan oleh campuran resin tersebut. Sementara massa DGEBA Epoksi, MPDA, dan zat peroksida yang digunakan adalah 9,72 gram, 9,72 gram, dan 1,24 gram. Selanjutnya spesimen isolator akan ditunggu hingga mengeras.

Pengujian dan pengambilan data PD menggunakan beberapa peralatan tegangan tinggi. Sebelum melakukan pengujian PD pada isolator, isolator akan diletakkan diantara kedua electrode setengah bola, rangkaian pembangkitan tegangan tinggi ac telah dipersiapkan, lalu pengujian siap dilakukan. Pengujian PD pada isolator tanpa *void* dimulai setelah pembangkitan tegangan tinggi diaktifkan. Tegangan yang diambil adalah 0 kV, 2 kV, 4 kV, 6kV, 8 kV, 10 kV, 12 kV. Peningkatan tegangan terhenti sampai 12 kV dikarenakan sudah terdengar bunyi desis yang berasal dari isolator, yang mana menandakan bahwa isolator telah mengalami *Partial Discharge*. Sedangkan untuk isolator dengan *void* pengujian PD dilakukan dari tegangan 0 kV, 2 kV, 4 kV, 6 kV. Peningkatan tegangan diberhentikan karena telah terdengar bunyi desis dari isolator tanpa *void* .Selain desis yang terjadi pada isolator, osiloskop juga memperlihatkan fenomena PD dalam bentuk grafik sinus. Fenomena PD yang ditangkap oleh osiloskop berasal dari gelombang elektromagnetik yang ditangkap oleh antena dan HFCT. HFCT dipasang seri dengan kabel *grounding* yang berfungsi untuk memvalidasi sinyal gelombang yang ditangkap antena saat fenomena PD terjadi.

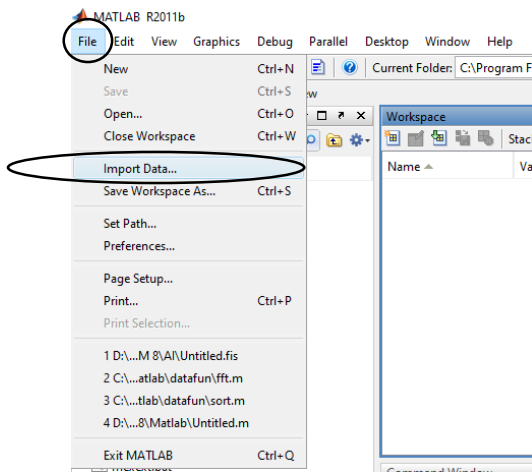
3.4 Pengujian Partial Discharge

Pengambilan data dilakukan menggunakan Matlab R2011b dan Microsoft Excel. Data sinyal yang dihasilkan dari osiloskop akan disimpan menggunakan flashdisk dalam bentuk file.CSV dan akan diolah menggunakan Matlab 2011b dan Microsoft Excel. Microsoft Excel digunakan untuk memperlihatkan data gelombang dalam bentuk grafik gelombang tegangan terhadap waktu. Sedangkan Matlab R2011b digunakan untuk membuat grafik dan *plotting* data yang telah didapat dari osiloskop. Data yang didapat berupa data Source, CH1, dan CH2. Bentuk data gelombang yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.17.

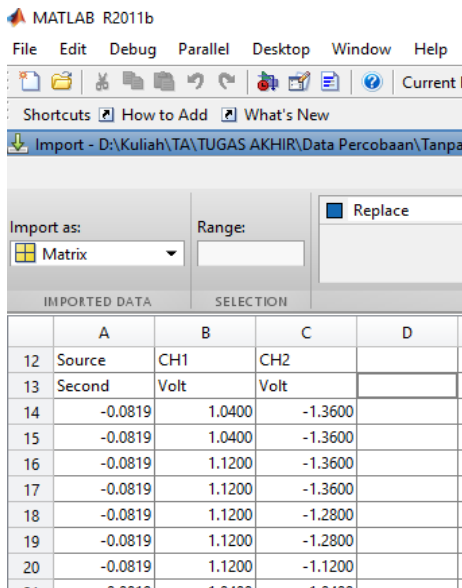
	A	B	C	D	E
12	Source	CH1	CH2		
13	Second	Volt	Volt		
14	-0.08192	1.04	-1.36		
15	-0.081912006	1.04	-1.36		
16	-0.081904	1.12	-1.36		
17	-0.081896	1.12	-1.36		
18	-0.081888	1.12	-1.28		
19	-0.081880006	1.12	-1.28		
20	-0.081872	1.12	-1.12		
21	-0.081864	1.04	-1.04		
22	-0.081856	1.04	-1.12		
23	-0.081848	1.12	-1.12		
24	-0.08184	1.04	-1.12		
25	-0.081832	1.04	-1.28		
26	-0.081824	1.04	-1.28		
27	-0.081816	0.88	-1.28		
28	-0.081808	0.96	-1.28		
29	-0.0818	1.04	-1.12		
30	-0.081792	0.96	-1.12		
31	-0.081784	1.04	-1.12		
32	-0.081776	1.04	-1.12		
33	-0.081768	1.04	-1.12		
34	-0.081759994	1.04	-1.12		
35	-0.081752	1.12	-1.12		
36	-0.081744	0.96	-1.12		
37	-0.081736	1.04	-1.12		
38	-0.081727994	0.96	-1.28		
39	-0.08172	0.96	-1.28		

Gambar 3.19 File CSV : Source, CH1, CH2

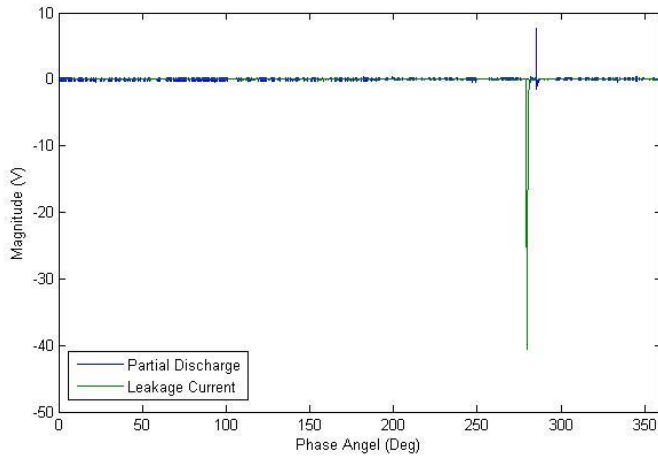
Data diatas digunakan untuk membuat grafik pada Matlab R2011b, dengan cara mengklik *import data* yang berada pada kolom *file*. Lalu pilih data CSV yang akan digunakan, lalu klik *open*, maka Matlab R2011b akan memasukkan data CSV. Agar dapat membentuk grafik, maka data CH1 dan CH2 akan dipilih semua dan proses *import file* dapat dilakukan. Maka data CH1 dan CH2 akan muncul pada bagian *workspace*. Data yang didapat siap untuk dilakukan *plot* yang nantinya akan menghasilkan grafik seperti gambar 3.20.



Gambar 3.20 Tampilan Matlab R2011b



Gambar 3.21 Tampilan *import data* Matlab R2011b



Gambar 3.22 Hasil dari *plotting* sebuah data

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

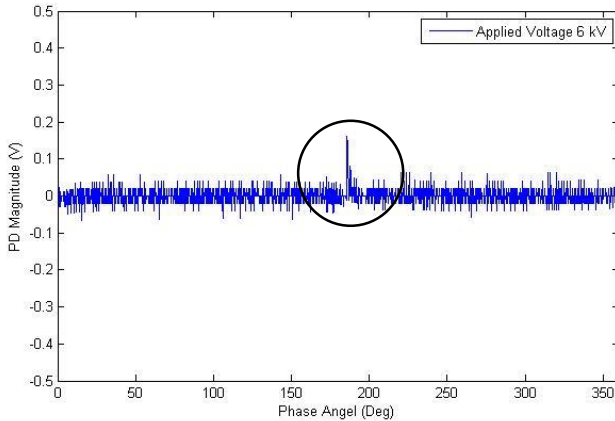
Tugas Akhir ini akan membahas tentang pengujian *Partial Discharge* (PD) dengan menggunakan metode *Very High Frequency* (VHF) dan *leakage current*. Pengujian akan dilakukan saat kondisi *pre-breakdown voltage*. Sinyal diambil beberapa kV sebelum *breakdown* dengan alasan untuk menghindari lonjakan arus sesaat yang berpotensi merusak peralatan. Pengujian VHF dan *leakage current* dilakukan secara bersamaan agar hasil validasi dan komparasi lebih sesuai. *Pre-Breakdown* ditandai dengan adanya korona berupa desis. Pengujian PD dan *leakage current* dilakukan di laboratorium tegangan tinggi Departemen Teknik Elektro ITS.

4.1 Analisa *Partial Discharge* oleh Antena

Partial Discharge (PD) dapat diketahui melalui amplitude tegangan yang diterima oleh antena. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa nilai amplitudo yang terdapat pada osiloskop semakin meningkat seiring meningkatnya tegangan yang di suplai. Hal tersebut terjadi karena medan elektromagnetik muncul diantara kedua elektroda semakin kuat juga. Elektroda disuplai tegangan dari pembangkitan tegangan tinggi AC.

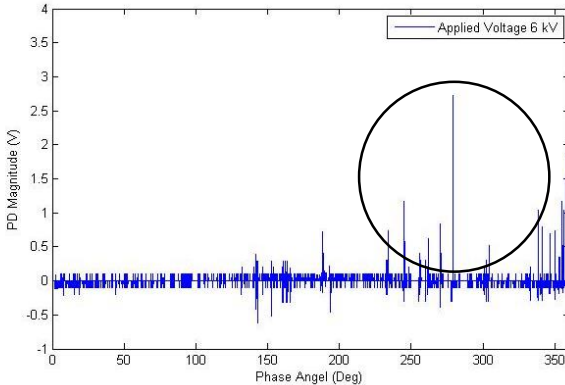
4.1.1 Analisa PD oleh antena pada isolator dengan *void*

Partial Discharge yang terjadi pada isolator *void* dengan elektroda setengah bola dapat dilihat pada gambar 4.1. Tegangan yang disuplai sebesar 0 kV, 2 kV, 4 kV, 6 kV. Lingkaran hitam yang terdapat pada gambar 4.1 adalah tanda daerah terjadinya PD saat tegangan 6 kV. Suplai tegangan dihentikan saat 6 kV karena telah terdengar bunyi desis yang menandakan kekuatan dielektrik pada isolator *void* hanya sampai pada batas 6 kV. Pada gelombang 0 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,264 V. Pada gelombang 2 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,54 V. Pada gelombang 4 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,94 V. Pada gelombang 6 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 1,04 V. Dapat dilihat pada gelombang 6 kV terdapat 1 *spike* yang tertangkap. Nilai dari *spike* adalah 0,17 V yang terdapat pada sudut fasa 189,04°



Gambar 4.1 PD pada isolator dengan *void* dengan elektroda setengah bola

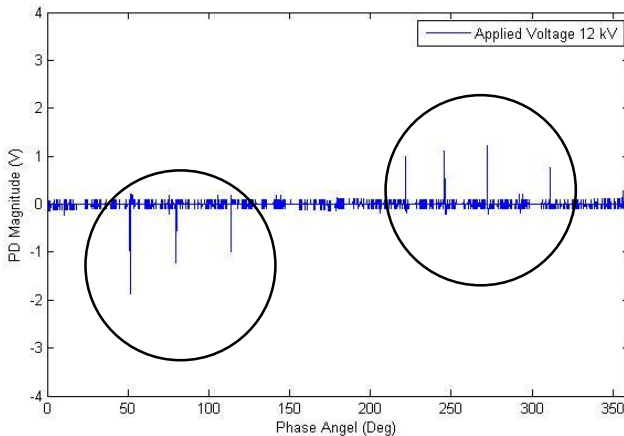
Dapat dilihat pada gelombang 6 kV dengan *applied voltage* maksimum dalam mencapai *pre-breakdown voltage* terdapat 3 *spike*. Setiap *spike* bernilai 1,17 V yang terdapat pada sudut fasa 245,2°, 0,84 V yang terdapat pada sudut fasa 270,4°, 2,73 V yang terdapat pada sudut fasa 279,1°



Gambar 4.2 PD pada isolator dengan *void* dengan elektroda datar

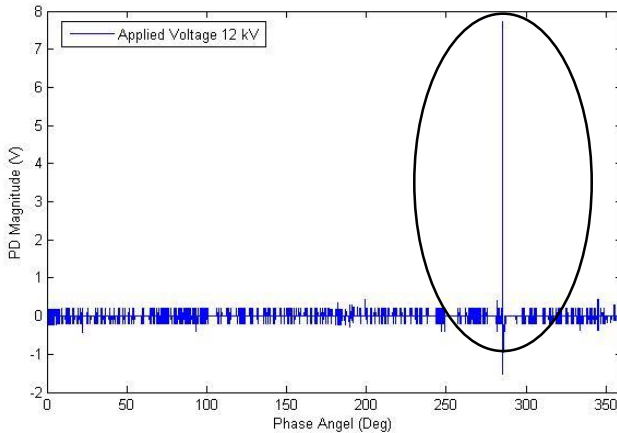
4.1.2 Analisa PD oleh antenna pada isolator tanpa void

Partial Discharge yang terjadi pada isolator *void* dengan setengah bola dapat dilihat pada gambar 4.2. Tegangan yang disuplai sebesar 0 kV, 2 kV, 4 kV, 6 kV, 8 kV, 10 kV, 12 kV. Lingkaran hitam yang terdapat pada gambar 4.2 adalah tanda daerah terjadinya PD saat tegangan 12 kV. Suplai tegangan diberhentikan saat 12 kV karena telah terdengar bunyi desis yang menandakan kekuatan dielektrik pada isolator *void* hanya sampai pada batas 12 kV. Pada gelombang 0 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,92 V. Pada gelombang 2 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 1,32 V. Pada gelombang 4 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 1,76 V. Pada gelombang 6 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 2,16 V. Pada gelombang 8 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 2,32 V. Pada gelombang 10 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 3,44 V. Pada gelombang 12 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 3,84 V. Dapat dilihat pada gelombang 12 kV terdapat 7 *spike* yang tertangkap. Setiap *spike* bernilai -1,89 V yang terdapat pada sudut fase $51,264^{\circ}$, -1,36 V yang terdapat pada sudut fase $79,92^{\circ}$, -0,92 V yang terdapat pada sudut fase $113,616^{\circ}$, 0,72 V yang terdapat pada sudut fase $221,76^{\circ}$, 1,07 V yang terdapat pada sudut fase $245,808^{\circ}$, 1,24 V yang terdapat pada sudut fase $272,304^{\circ}$, dan 0,63 V yang terdapat pada sudut fase $311,184^{\circ}$.



Gambar 4.3 PD pada isolator tanpa *void* dengan elektroda setengah bola

Dapat dilihat pada gelombang 12 kV dengan *applied voltage* maksimum dalam mencapai *pre-breakdown voltage* terdapat 1 *spike*. Nilai *spike* adalah 7,73 V yang terdapat pada sudut fase 285,1°.



Gambar 4.4 PD pada isolator tanpa *void* dengan elektroda datar

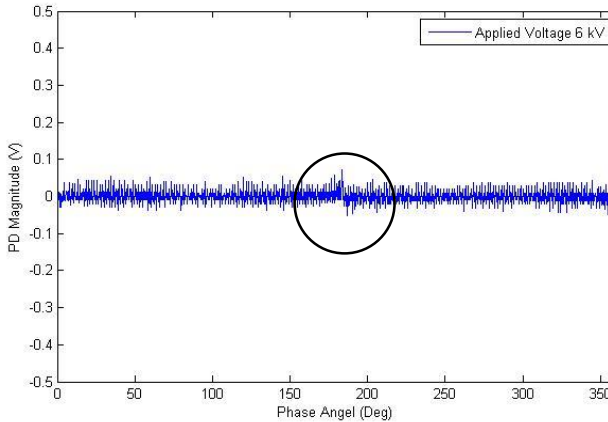
4.2 Analisa *Leakage Current* oleh HFCT

Setiap bahan isolasi akan menghantarkan arus. Jika *applied voltage* dinaikkan hingga tahap tertentu, maka elektron-elektron akan saling bertubrukan yang akan mengakibatkan arus mengalir melalui isolator. Arus bocor atau *leakage current* yang terjadi dapat dipengaruhi oleh bahan isolator, suhu, dan kontaminan. Arus bocor yang semakin meningkat akan menyebabkan panas dan terjadi kegagalan isolasi secara bertahap.

4.2.1 Analisa *leakage current* oleh HFCT pada isolator dengan *void*

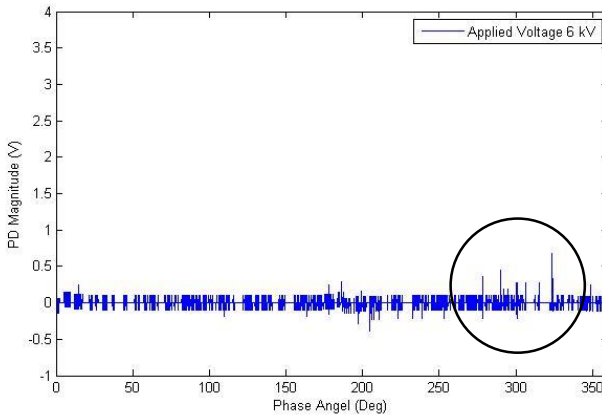
Pada gambar 4.3, dapat dilihat perbandingan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh arus yang ditangkap HFCT. Pada tegangan suplai 0 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,172 V. Pada tegangan suplai 2 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,368 V. Pada tegangan suplai 4 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,5

V. Pada tegangan suplai 6 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 0,72 V. Dapat dilihat pada gelombang 6 kV terdapat 1 *spike* yaitu berupa *leakage current* yang tertangkap oleh HFCT. Nilai *spike* adalah 0,04 V yang terdapat pada sudut fasa 190,8°.



Gambar 4.5 *Leakage current* pada isolator dengan *void* dengan elektroda setengah bola

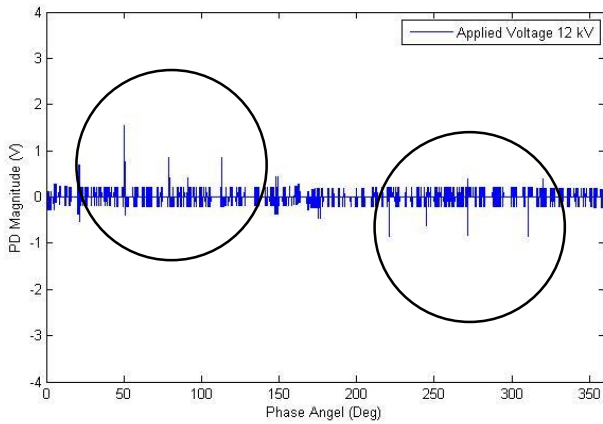
Dapat dilihat pada gelombang 6 kV dengan *applied voltage* maksimum dalam mencapai *pre-breakdown voltage* terdapat 3 *spike*. Setiap *spike* bernilai 0,36 V yang terdapat pada sudut fasa 278,4°, 0,44 V yang terdapat pada sudut fasa 289,9°, 0,68 V yang terdapat pada sudut fasa 323,7°



Gambar 4.6 *Leakage current* pada isolator dengan *void* dengan elektroda datar

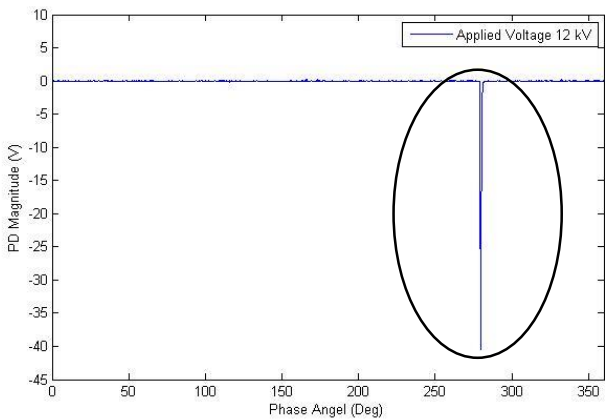
4.2.2 Analisa *leakage current* oleh HFCT pada isolator tanpa *void*

Pada gambar 4.4, dapat dilihat perbandingan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh arus yang ditangkap HFCT. Pada tegangan suplai 0 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 1,36 V. Pada tegangan suplai 2 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 2,4 V. Pada tegangan suplai 4 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 2,64 V. Pada tegangan suplai 6 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 3,92 V. Pada tegangan suplai 8 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 5 V. Pada tegangan suplai 10 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 7 V. Pada tegangan suplai 12 kV, amplitudo tegangan maksimum sebesar 8 V. Dapat dilihat pada 12 kV terdapat 7 *spike* yaitu berupa *leakage current* yang tertangkap oleh HFCT. Setiap *spike* bernilai 1,6 V yang terdapat pada sudut fasa $50,544^{\circ}$, 0,4 V yang terdapat pada sudut fasa $79,2^{\circ}$, 0,5 V yang terdapat pada sudut fasa $112,896^{\circ}$, -0,72 V yang terdapat pada sudut fasa $221,04^{\circ}$, -0,32 V yang terdapat pada sudut fasa $245,088^{\circ}$, -0,72 V yang terdapat pada sudut fasa $271,584^{\circ}$, -1,12 V yang terdapat pada sudut fasa $310,464^{\circ}$.



Gambar 4.7 Leakage current pada isolator tanpa void dengan elektroda setengah bola

Dapat dilihat pada gelombang 12 kV dengan *applied voltage* maksimum dalam mencapai *pre-breakdown voltage* terdapat 1 *spike*. Setiap *spike* bernilai -40,55 V yang terdapat pada sudut fasa 279,5°.



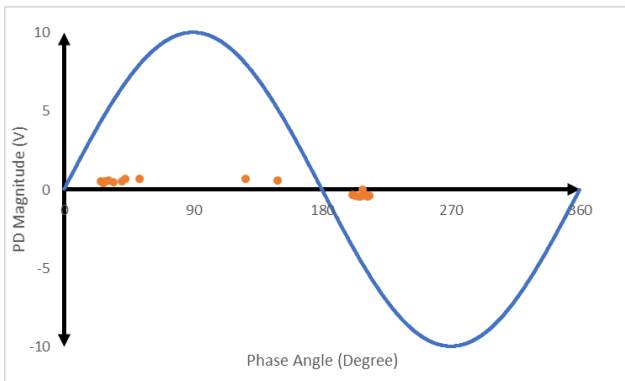
Gambar 4.8 Leakage current pada isolator tanpa void dengan elektroda datar

4.3 Analisa *Phase Resolved Partial Discharge* (PRPD)

Phase Resolved Partial Discharge (PRPD) adalah metode yang digunakan untuk mengukur dan merekam sinyal PD pada siklus fasa tegangan yang berbeda. Metode PRPD digunakan untuk menghitung banyaknya jumlah PD yang terjadi dalam waktu tertentu. PRPD hanya dapat digunakan saat terjadi kondisi *pre-breakdown*.

4.3.1 Analisa PRPD pada isolator dengan *void*

Pada gambar 4.9 dapat dilihat pola *Partial Discharge* (PD) pada isolator dengan *void* dengan menggunakan elektroda setengah bola untuk proses pengujian. Pola tersebut dapat dilihat dalam kondisi *pre-breakdown*. Isolator dengan *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* saat tegangan *applied* yang digunakan sebesar 6 kV.

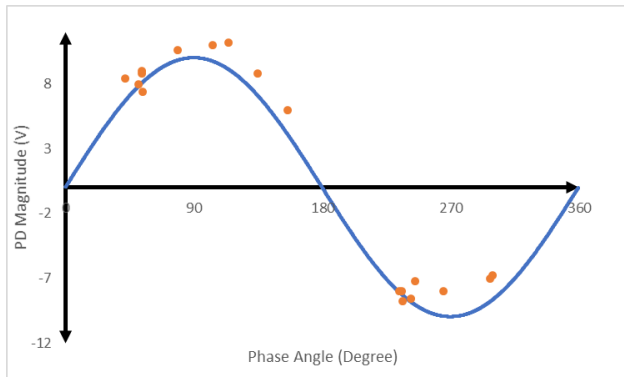


Gambar 4.9 PRPD pada isolator dengan *void* dengan elektroda setengah bola

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa sumbu X menyatakan sudut fasa, sedangkan sumbu Y menyatakan besaran PD. Pola PRPD yang didapat dari hasil *plotting* lima kali percobaan adalah 21 *cycles*. Setiap titik merah yang terdapat pada gambar merepresentasikan pulsa PD. Pulsa PD muncul pada siklus positif dan negatif. Pada siklus positif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $25,448^{\circ}$ sampai dengan $149,04^{\circ}$, sedangkan pada siklus negatif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $201,024^{\circ}$ sampai dengan $212,832^{\circ}$. Jumlah titik pulsa PD yang

terdapat pada siklus positif dan siklus negatif berbeda. Titik pulsa PD pada siklus positif yaitu berjumlah 12 *cycles*, sedangkan titik pulsa PD pada siklus negative yaitu berjumlah 9 *cycles*. Dari data yang didapat, jumlah titik pulsa PD pada siklus negatif lebih sedikit dibanding titik pulsa PD pada siklus positif. Hal ini dapat disebabkan karena masih terdapat beberapa elektron yang tersedia dari elektroda polaritas positif untuk mengionisasi molekul udara netral disekitarnya.

Pada gambar 4.10 dapat dilihat pola *Partial Discharge* (PD) pada isolator dengan *void* dengan menggunakan elektroda datar untuk proses pengujian. Pola tersebut dapat dilihat dalam kondisi *pre-breakdown*. Isolator dengan *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* saat tegangan *applied* yang digunakan sebesar 6 kV



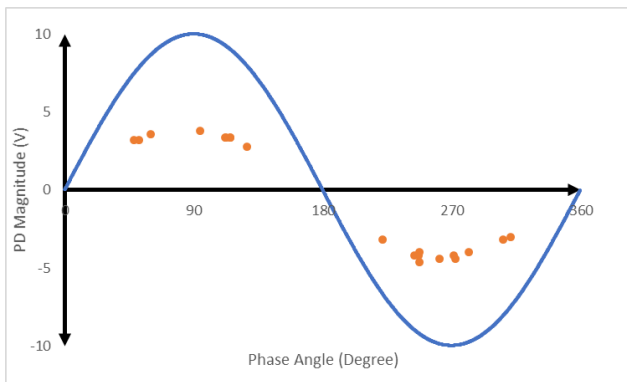
Gambar 4.10 PRPD pada isolator dengan *void* dengan elektroda datar

Pola PRPD yang didapat dari hasil *plotting* tiga kali percobaan adalah 18 *cycles*. Setiap titik merah yang terdapat pada gambar merepresentasikan pulsa PD. Pulsa PD muncul pada siklus positif dan negatif. Pada siklus positif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $41,76^{\circ}$ sampai dengan $155,664^{\circ}$, sedangkan pada siklus negatif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $232,144^{\circ}$ sampai dengan $299,376^{\circ}$. Jumlah titik pulsa PD yang terdapat pada siklus positif dan siklus negatif berbeda. Titik pulsa PD pada siklus positif yaitu berjumlah 10 *cycles*, sedangkan titik pulsa PD pada siklus negative yaitu berjumlah 8 *cycles*. Dari data yang didapat, jumlah titik pulsa PD pada siklus negatif lebih sedikit dibanding titik pulsa PD pada siklus positif. Hal ini dapat

disebabkan karena masih terdapat beberapa elektron yang tersedia dari elektroda polaritas positif untuk mengionisasi molekul udara netral disekitarnya.

4.3.2 Analisa PRPD pada isolator tanpa void

Pada gambar 4.11 dapat dilihat pola *Partial Discharge (PD)* pada isolator tanpa void. Pola tersebut dapat dilihat dalam kondisi *pre-breakdown*. Isolator tanpa void mengalami kondisi *pre-breakdown* saat tegangan *applied* yang digunakan sebesar 12 kV.

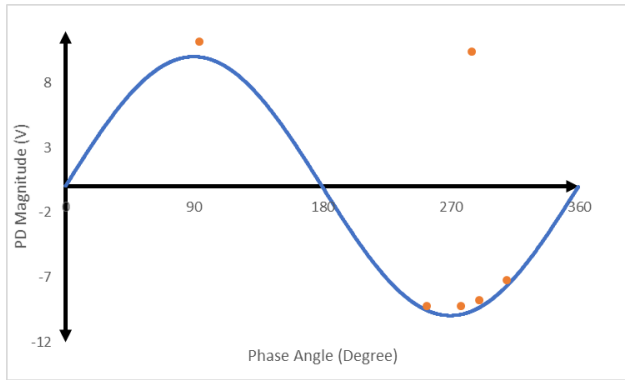


Gambar 4.11 PRPD pada isolator tanpa void dengan elektroda setengah bola

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa sumbu X menyatakan sudut fasa, sedangkan sumbu Y menyatakan besaran PD. Pola PRPD yang didapat dari hasil *plotting* lima kali percobaan adalah 20 *cycles*. Setiap titik merah yang terdapat pada gambar merepresentasikan pulsa PD. Pulsa PD muncul pada siklus positif dan negatif. Pada siklus positif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $47,808^{\circ}$ sampai dengan $126,864^{\circ}$, sedangkan pada siklus negatif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $221,760^{\circ}$ sampai dengan $311,184^{\circ}$. Jumlah titik pulsa PD yang terdapat pada siklus positif dan siklus negatif berbeda. Titik pulsa PD pada siklus positif yaitu berjumlah 9 *cycles*, sedangkan titik pulsa PD pada siklus negative yaitu berjumlah 11 *cycles*. Dari data yang didapat, jumlah titik pulsa PD pada siklus negatif lebih banyak dibanding titik pulsa PD pada siklus positif. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah

elektron yang berada pada elektroda positif yang digunakan untuk mengionisasi molekul netral disekitarnya sedikit.

Pada gambar 4.12 dapat dilihat pola *Partial Discharge* (PD) pada isolator dengan *void* dengan menggunakan elektroda datar untuk proses pengujian. Pola tersebut dapat dilihat dalam kondisi *pre-breakdown*. Isolator dengan *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* saat tegangan *applied* yang digunakan sebesar 12 kV



Gambar 4.12 PRPD pada isolator tanpa *void* dengan elektroda datar

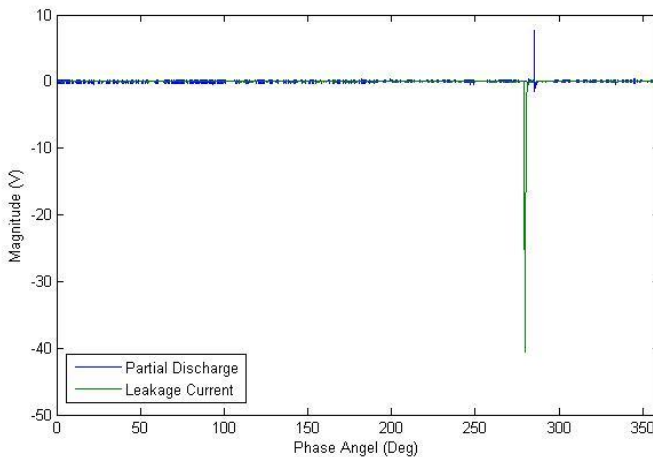
Pola PRPD yang didapat dari hasil *plotting* tiga kali percobaan adalah 7 *cycles*. Setiap titik merah yang terdapat pada gambar merepresentasikan pulsa PD. Pulsa PD muncul pada siklus positif dan negatif. Pada siklus positif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $93,888^{\circ}$ sampai dengan $109,728^{\circ}$, sedangkan pada siklus negatif, *corona discharge* terjadi pada sudut fasa antara $253,296^{\circ}$ sampai dengan $309,312^{\circ}$. Jumlah titik pulsa PD yang terdapat pada siklus positif dan siklus negatif berbeda. Titik pulsa PD pada siklus positif yaitu berjumlah 2 *cycles*, sedangkan titik pulsa PD pada siklus negative yaitu berjumlah 5 *cycles*. Dari data yang didapat, jumlah titik pulsa PD pada siklus negatif lebih banyak dibanding titik pulsa PD pada siklus positif. Hal ini dapat disebabkan karena jumlah electron yang berada pada elektroda positif untuk mengionisasi molekul netral disekitarnya sedikit.

4.3.3 Analisa PRPD pada kedua isolator

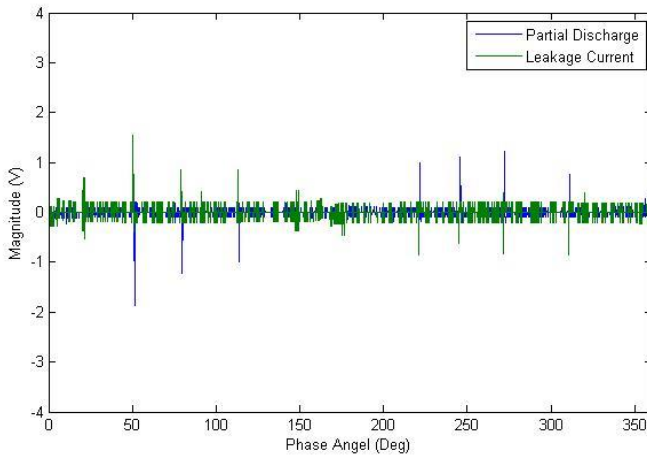
Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tercapainya *pre-breakdown* pada sebuah isolator. Salah satu yang dapat mempengaruhinya adalah terdapatnya *void* atau gelembung udara pada isolator tersebut. *Void* atau gelembung udara muncul karena pencampuran bahan resin DGEBA Epoksi dan MPDA. Campuran kedua bahan kimia ini dapat pasti menyebabkan *void* atau gelembung udara dikarenakan terdapat molekul hidrogen dan oksigen pada kedua resin ini. Hal lain yang menyebabkan *void* adalah proses vakum yang berlangsung tidak baik. Proses vakum yang baik akan dapat mengurangi *void* yang terjadi setelah pencampuran, bahkan juga dapat menghilangkan *void*. Jumlah titik pulsa PD pada data PRPD isolator dengan *void* dan isolator tanpa *void* dengan menggunakan elektroda setengah bola berbeda. Jumlah titik pulsa PD pada isolator dengan *void* adalah sebanyak 21 *cycles*, sedangkan jumlah titik pulsa PD pada isolator tanpa *void* adalah sebanyak 20 *cycles*. Jumlah titik pulsa PD pada isolator tanpa *void* lebih banyak karena medan elektromagnetik yang berada disekitar elektroda dan isolator dengan *void* lebih besar dibandingkan dengan medan elektromagnetik disekitar elektroda dan isolator tanpa *void*. Tingginya jumlah *void* pada isolator juga berpengaruh terhadap banyaknya jumlah titik pulsa PD, hal ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah *void* yang terdapat pada isolator atau jarak antar *void* meningkat pada daerah tertentu, maka tingkat pembangkitan elektron akan semakin meningkat yang disebabkan oleh ionisasi volume, dan nilai muatan akan meningkat. Maka isolator dengan *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* lebih cepat dibandingkan dengan isolator tanpa atau sedikit *void* dikarenakan, ketika daerah *void* mengurang, maka tegangan awal juga berkurang. Perbedaan kekuatan dielektrik kedua isolator ini berbeda. Isolator yang tidak ada *void* atau sedikit *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* pada tegangan 12 kV, sedangkan isolator yang memiliki *void* mengalami kondisi *pre-breakdown* pada tegangan 6 kV. Jumlah titik pulsa PD pada data PRPD antara isolator tanpa *void* dan isolator dengan *void* dengan menggunakan elektroda datar berbeda. Jumlah titik pulsa PD pada isolator dengan *void* adalah sebanyak 18 *cycles*, sedangkan jumlah titik pulsa PD pada isolator tanpa *void* adalah sebanyak 7 *cycles*. Perbedaan yang cukup jauh karena pengujian menggunakan elektroda datar. Dengan bertambahnya daerah isolator yang mengenai elektroda, maka akan memungkinkan arus medan elektromagnetik mengalir penuh melalui isolator terutama pada isolator dengan *void*. Lonjakan sinyal arus dapat dilihat dengan jelas.

4.4 Metode *Leakage Current* sebagai Validasi Data dan Komparasi Data

Metode *leakage current* digunakan sebagai validasi data PD. HFCT merupakan alat yang digunakan untuk menangkap sinyal dari arus bocor yang dihasilkan selama proses pengujian PD. HFCT dipasang pada kabel *grounding*. Data yang ditangkap merupakan data sinyal/gelombang yang berasal dari HFCT dan dapat dilihat pada osiloskop pada saat *inception voltage*. Dari datasheet HFCT yang digunakan, didapat bahwa jika arus bocor yang lewat sebesar 1 mA, maka output dari HFCT sebesar 16 mV. Gambar 4.7 memperlihatkan bentuk grafik gelombang PD oleh antenna yang divalidasi menggunakan metode *leakage current*. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa jumlah *spike* yang terdapat pada grafik gelombang PD yang dihasilkan oleh antenna dengan metode *Very High Frequency* (VHF) mempunyai jumlah yang sama dengan metode *leakage current* menggunakan HFCT yaitu sebanyak 20 *spike*.



Gambar 4.13 Data *Very High Frequency Partial Discharge* dengan *Leakage Current* dengan elektroda datar



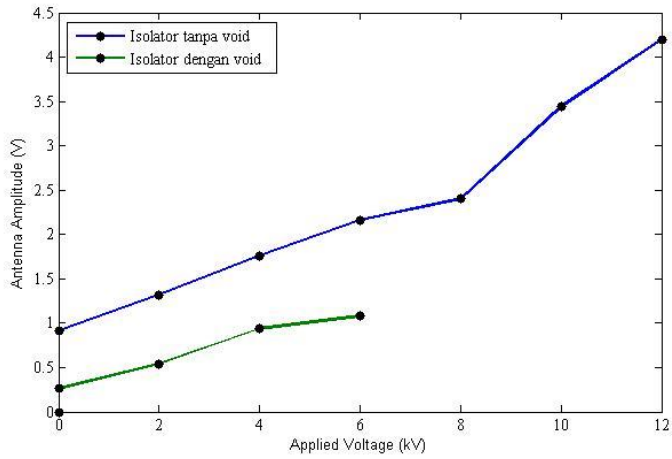
Gambar 4.14 Data *Very High Frequency Partial Discharge* dengan *Leakage Current* dengan elektroda datar

4.5 Analisa Amplitudo Tegangan Antena

Partial Discharge (PD) dapat diketahui melalui amplitudo tegangan yang diterima oleh antena. Berdasarkan pengujian diketahui bahwa semakin tinggi tegangan suplai pada elektroda, maka tegangan yang diterima oleh antena juga meningkat. Hal tersebut dikarenakan medan elektromagnetik yang muncul diantara kedua elektroda semakin kuat juga. Grafik pembacaan amplitudo antena setiap kenaikan tegangan suplai dapat dilihat pada gambar 4.10.

Tabel 4.1 Perbandingan tegangan antena dengan *applied voltage*

<i>Applied Voltage</i>	Isolator tanpa <i>void</i>	Isolator dengan <i>void</i>
0 kV	0,92 V	0,264 V
2 kV	1,32 V	0,54 V
4 kV	1,76 V	0,94 V
6 kV	2,16 V	1,08 V
8 kV	2,4 V	-
10 kV	3,44 V	-
12 kV	4,2 V	-



Gambar 4.15 Grafik pembacaan amplitudo antena setiap kenaikan tegangan suplai

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan. Kesimpulan tersebut meliputi dari awal pengujian sampai mendapatkan hasil akhir karakteristik *Partial Discharge* (PD) pada isolator dengan metode *Very High Frequency* (VHF). Kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Tingginya jumlah *void* pada isolator berpengaruh terhadap banyaknya jumlah titik pulsa PD, hal ini disebabkan karena semakin banyaknya jumlah *void* yang terdapat pada isolator atau jarak antar *void* meningkat pada daerah tertentu, maka tingkat pembangkitan elektron akan semakin meningkat yang disebabkan oleh ionisasi volume, dan nilai muatan akan meningkat.
2. Kekuatan dielektrik pada isolator dengan *void* lebih rendah yaitu 6 kV dibanding dengan isolator tanpa *void* yaitu 12 kV.
3. *Void* pada spesimen isolator akan bertambah dengan cara pencampuran bahan peroksida dalam campuran resin dengan komposisi 6% massa.
4. Penggunaan elektroda datar lebih baik dibandingkan dengan elektroda setengah bola karena PD yang terjadi dapat dilihat lebih baik.
5. Metode *Very High Frequency* (VHF) yang menggunakan antena dan metode *Leakage Current* yang menggunakan *High Frequency Current Transformer* (HFCT) dapat digunakan sebagai metode deteksi *Partial Discharge* (PD).
6. Metode *Very High Frequency* (VHF) yang menggunakan antena lebih baik dibanding dengan metode *Leakage Current* yang menggunakan HFCT untuk mendeteksi PD, karena pola PD sulit untuk dideteksi dengan metode *Leakage Current*.
7. Hasil analisa *Partial Discharge*, *Leakage Current*, dan PRPD masih kurang baik karena isolator yang tanpa *void* masih memiliki *void* dikarenakan proses dan alat vakum yang belum sempurna.

5.2 Saran

Tugas akhir selanjutnya mempunyai beberapa saran, sebagai berikut :

1. Kenaikan tegangan akan mempengaruhi *Partial Discharge* (PD). Oleh karena itu, pengaruh kenaikan tegangan terhadap PRPD dapat dilakukan di masa mendatang
2. Jarak dan ukuran *void* pada isolator berpengaruh terhadap kekuatan dielektrik. Oleh karena itu, pada penelitian mendatang, penggunaan vakum yang lebih baik dibutuhkan dalam proses pembuatan isolator yang lebih baik.
3. *Void* pada isolator dapat diciptakan. Untuk penelitian mendatang dapat membandingkan karakteristik *Partial Discharge* melalui posisi, jarak, dan ukuran *void*
4. Pengujian dilakukan dengan elektroda datar akan mendapatkan hasil yang lebih baik dalam membandingkan kedua isolator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Morocutti T., et al., *Developments of High Voltage Porcelain Post-Insulator*, Institute of High Voltage Engineering and System Management, Graz University of Technology, Austria, IEEE, 2012.
- [2] Wong K.L., *Application of Very-High-Frequency (VHF) Method to Ceramic Insulator*, School of Engineering and Technology, Australia, IEEE, 2004.
- [3] Bhure A., et al., *Partial Discharge Detection In Medium Voltage Stators Using an Antenna*, Departement of Electrical and Computer Engineering, USA, IEEE, 2017.
- [4] Syakur A., et al., *Comparison Study on Leakage Current of 20 kV Silicon Rubber and Epoxy Resin Insulator Under Dry and Wet Condition*, Departement of Electrical Engineering, Indonesia, IEEE, 2018.
- [5] Zidane O., et al., *Effect of Void Position on Partial Discharge Properties in Different Insulating Materials*, Helwan University, Egypt, IEEE, 2017.
- [6] Jiong C., et al., *Study on Partial Discharge Model of Solid Insulator*, Electrical Power Engineering, Shanghai University of Electric Power, China, IEEE, 2016.
- [7] I Made Yulistya Negara, *Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis*, Graha Ilmu, 2013.
- [8] Syakur A., et al., *Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai)*, Indonesia, ISSN 1441-0814, 2012.
- [9] Dhande P., *Antennas and Its Applications*, DRDO Science Spectrum, DESIDOC, pp 66-78, 2009.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Samuel Simanungkalit adalah anak keempat dari empat bersaudara. Penulis lahir dan besar di Medan. Penulis lahir di Medan, 19 Mei 1996. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD ST Antonius, Medan pada tahun 2002 – 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Santo Thomas 1, Medan pada tahun 2008 – 2011. Penulis juga menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Sutomo 1, Medan pada tahun 2011 – 2014. Saat ini penulis tengah menjalani pendidikan

Program Sarjana di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga.