

## SISTEM PENGUKURAN PARTIAL DISCHARGE PADA MODEL VOID DALAM PVC ( POLYVINYL CHLORIDE )

**Abdul Syakur, Yuningtyastuti, Devy Martoni**

Research Group On Partial Discharge Measurement and Detection  
Laboratory Of Energy Conversion and Power System - University Of Diponegoro  
Jl.Prof.Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275  
Telp/Fax : +6247460057

### Abstrak

Kerusakan awal pada suatu sistem isolasi ditandai dengan adanya peristiwa Partial Discharge (PD). PD merupakan bentuk pelepasan muatan listrik yang terjadi hanya pada sebagian sistem isolasi yang dapat mengawali kegagalan isolasi secara sempurna. Untuk mengetahui mekanisme PD yang terjadi pada bahan isolasi, maka dilakukan pengukuran.

Pada makalah ini dipresentasikan hasil pengukuran PD skala laboratorium, pada model void dengan sampel bahan isolasi PVC berupa lembaran setebal 100  $\mu\text{m}$  menggunakan elektroda metode II CIGRE.

Hasil pengukuran masih terbatas ditunjukkan dalam bentuk gambar – gambar pulsa PD yang direkam melalui osiloskop GDS 2000 buatan GW Instek. Untuk keperluan penyimpanan data hasil pengukuran, osiloskop tersebut dihubungkan melalui kabel data USB ke Notebook..

**Kata kunci :** *Partial Discharge, Void, CIGRE II*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem isolasi sangat diperlukan pada peralatan tegangan tinggi untuk membatasi bagian-bagian bertegangan agar tidak terjadi hubung singkat satu dengan yang lain. Pada saat sistem isolasi ini menahan *electrical stresses* dan *thermal stresses* akan mengalami penuaan (*aging*) yang ditandai dengan adanya peristiwa partial discharge (PD). PD ini merupakan bentuk pelepasan muatan listrik yang terjadi hanya pada sebagian dari sistem isolasi yang dapat mengawali kegagalan isolasi. PD ini dapat diamati pada sistem isolasi kabel, isolasi minyak pada transformator atau sistem isolasi pada generator.

Untuk sistem isolasi pada kabel tegangan tinggi, perkembangan kualitas isolasi kabel makin ditingkatkan mulai dari Oil Impregnated, Oil filled (OF) hingga yang kini banyak digunakan adalah isolasi polimer seperti HDPE, LDPE, XLPE dan PVC. Pada saat beroperasi, isolasi polimer pun tak lepas dari beberapa kelemahan terkait dengan performansinya.

Faktor yang berpengaruh pada performansi kabel berisolasi polimer adalah adanya cacat. Cacat ini dapat berupa adanya rongga, ketidakmurnian, dan tonjolan pada *interface* antara lapisan konduktor dan isolasi polimer. Akibat adanya stress listrik yang terus menerus maka akan terjadi penuaan (*aging*) isolasi polimer dan pada cacat ini akan timbul *electrical treeing*. Jika *electrical treeing* ini menjembatani isolasi, maka kegagalan isolasi akan terjadi. Fenomena pre breakdown dapat dideteksi dengan pengamatan dan pengukuran pulsa Partial Discharge (PD) yang mengiringi peristiwa *electrical treeing*.

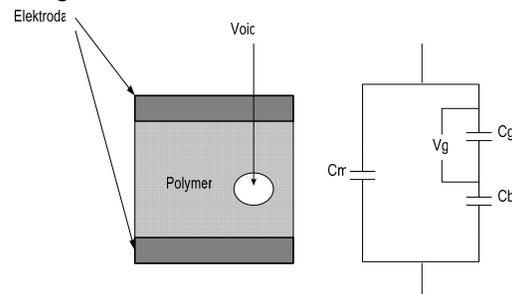
### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Partial Discharge Pada Void

Pada material polimer sebagai isolasi, tidak tertutup kemungkinan terdapat partikel – partikel asing sebagai pengotor, yang sering dijumpai adalah rongga udara bertekanan rendah (*void*).

Terjadinya void (rongga) sulit dihindari dalam proses pembuatan polimer, dapat terbentuk dari proses pabrikasi, instalasi maupun operasi kabel.

Discharge pada void yang diteliti pada penelitian ini dapat dijelaskan menggunakan rangkaian ekuivalen Whitehead berikut ini.

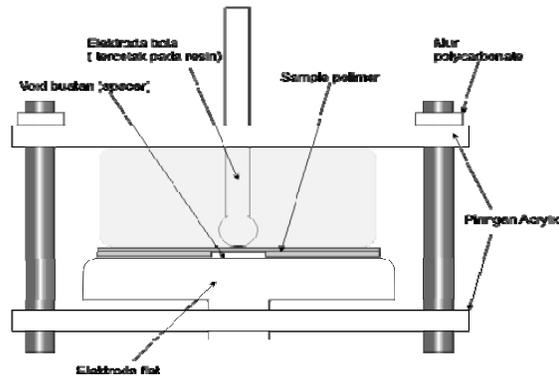


**Gambar 1: Rangkaian ekuivalen void**

#### 2.2 CIGRE

Sistem elektroda II CIGRE (Conference Internationale Grand Reseaux Electriques) adalah metodologi terkini untuk memperkirakan ketahanan material isolasi yang berbeda-beda terhadap PD dengan penyebaran data eksperimen yang sedikit. Sistem ini adalah pengembangan dari sistem elektroda I CIGRE dan dikarakteristikan dengan kelebihan sebagai berikut : ketahanan PD dari material dapat diperkirakan, menggunakan bahan

percobaan berupa lembaran tipis,bermacam-macam material isolasi padat dapat diuji coba,pembuatan sel percobaan termasuk bahan uji relative sederhana, secara geometris ruang void lebih besar 100 kali dibandingkan dengan sistem metoda I CIGRE, dan PD dikonsentrasikan dalam area yang tertentu dan akan berlanjut hingga kegagalan akhir tidak terpengaruh akan dinding sisi dari rongga.

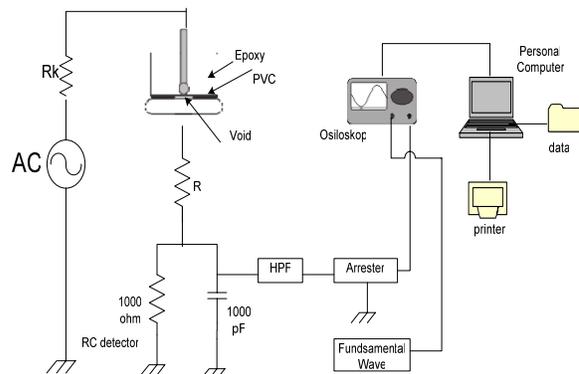


Gambar 2: Sistem pengukuran metoda II CIGRE

### 3. METODE

#### 3.1 Sistem Pengukuran dan Akuisisi Data

Sistem pengukuran PD ditunjukkan pada gambar 3 tegangan tinggi AC dihubungkan pada elektroda bola pada CIGRE, kemudian pulsa PD dideteksi oleh RC detector melalui elektroda bidang. PD yang dideteksi oleh RC detector diteruskan ke HPF untuk memastikan kualitas pengukuran untuk kemudian masuk pengukuran oleh osiloskop.



Gambar 3: Sistem pengukuran PD

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk mengukur PD adalah sebagai berikut :

##### 1. Pembangkit Tegangan Tinggi

Pembangkit tegangan tinggi yang digunakan adalah trafo tegangan tinggi dengan merk "Heafly". Keluaran dari trafo ini dapat diatur secara manual dimana antara tegangan masukan dan tegangan keluaran tidak mengalami pergeseran fasa.

##### 2. RC Detector

Alat ini terdiri dari rangkaian RC yang digunakan untuk mendeteksi pulsa PD yang terjadi pada sampel. Rangkaian RC ini berfungsi sebagai integrator pulsa arus PD menjadi tegangan.

##### 3. High Pass Filter (HPF)

Untuk memastikan kualitas pengukuran pulsa PD digunakan HPF dengan bandwidth 131-384 kHz. HPF berfungsi untuk memfilter frekuensi yang sesuai dengan bandwidthnya. HPF diperlukan supaya noise (frekuensi yang tidak sesuai dengan bandwidthnya) tidak bias melewati HPF dan pengukuran PD menjadi valid. Rangkaian HPF dapat dilihat pada gambar berikut ini

##### 4. Elektroda II CIGRE

Sistem elektroda II CIGRE ( *Conference Internationale Grand Reseaux Electriques* ) adalah metodologi terkini untuk memperkirakan ketahanan material isolasi yang berbeda-beda terhadap PD.

##### 5. Osiloskop

Osiloskop yang digunakan dalam penelitian ini adalah Osiloskop GDS 2000 buatan GW Instek dengan 4 channel dan memiliki koneksi USB, RS 232 dan GPIB. Osiloskop ini berguna untuk menampilkan bentuk pulsa arus yang sampai ke ground sehingga dapat diketahui besarnya tegangan partial discharge dan secara bersamaan juga dapat ditampilkan bentuk gelombang tegangan fundamental dengan dikoneksikan pada komputer menggunakan USB yang kemudian akan rekam peristiwa terjadinya PD pada sampel PVC.

##### 6. Kabel USB (Universal Serial Bus)

Sebagai konektor antara PC dengan osiloskop.

##### 7. Arrester

Arrester ini digunakan sebagai penganan bagi osiloskop bila sewaktu-waktu terjadi tegangan lebih sehingga tidak sampai menyebabkan kerusakan alat.

##### 8. Komputer (PC)

Personal Computer digunakan dalam pencatatan data (*data communication*) dari osiloskop. PC yang umumnya dipakai dengan spesifikasi prosesor *Pentium IV* buatan Intel, yang sudah dilengkapi software standard seperti *microsoft Office* dengan sistem operasi *windows*.

##### 9. Software yang digunakan

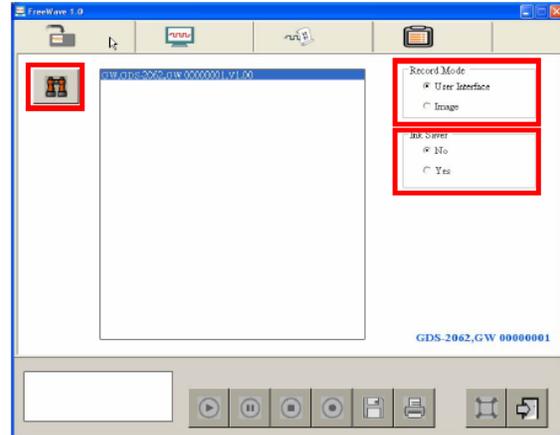
Software yang digunakan adalah FreeWave, yang merupakan software dari GW Instek untuk osiloskop GDS 2000, yang dapat menampilkan secara real-time data yang ada pada osiloskop baik data dalam bentuk .csv, gambar (.jpg atau .bmp) maupun video (.wmv). Tetapi, sebelum menginstall FreeWave dibutuhkan software *Windows .NET Frame Work 1.1* dan *Windows Media Encoder 9 series* yang dapat didownload di website Microsoft. Sedangkan bahan yang digunakan adalah *Polymer Polyvinyl Chloride (PVC)*.

### 3.3 Mekanisme Pengujian PD Menggunakan Osiloskop GDS 2000

Mekanisme percobaan yang dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengukuran berdasarkan gambar adalah sebagai berikut :

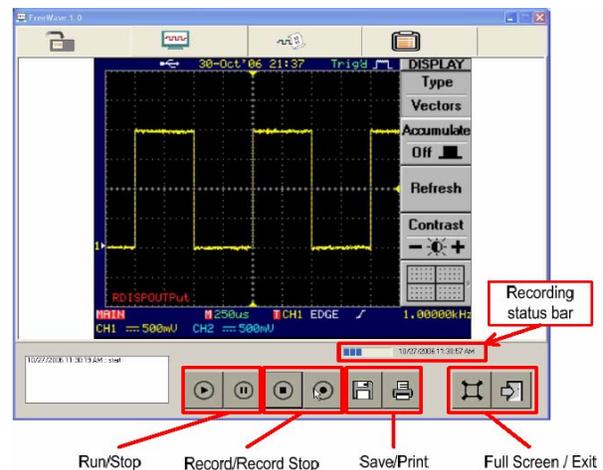
1. Mempersiapkan alat-alat maupun software yang dibutuhkan dalam sistem pengukuran metoda elektrode II CIGRE seperti pembangkit tegangan tinggi, elektroda II CIGRE, Osiloskop GDS 2000, HPF dan RC *Detector*, *Arester*, USB dan *Personal Computer* serta software *FreeWave*, *Windows .NET Frame Work 1.1* dan *Windows Media Encoder 9 series* serta *Microsoft Excell*.
2. Mempersiapkan spacer dan sampel isolasi polimer berupa lembaran PVC yang akan digunakan. Sampel PVC dibuat dengan susunan MIGIM (*Metal-Insulation-Gap-Insulation-Metal*) yaitu dengan menyusun 3 buah lapisan PVC sejenis secara vertikal yang berukuran 5 x 5 cm di antara dua elektroda logam. Dari ketiga lapisan PVC tersebut, lapisan nomor 2 (tengah) adalah *spacer* yang memiliki lubang lingkaran berdiameter 1 cm yang berfungsi sebagai void buatan berupa tabung dengan diameter 1 cm dan tinggi 0,125 mm..
3. Menempatkan sampel dalam *holder* seperti pada gambar 2. Susunan sampel ditempatkan ditengah elektroda bidang sehingga void berada tepat dibawah elektroda bola. Kemudian memastikan sampel agar tidak bergeser saat pengujian dengan mengencangkan mur-mur polycarbonate yang berada pada bagian atas holder.
4. Menempatkan holder berikut sampel void PVC ditempat yang cukup datar dalam sangkar faraday dan mudah di amati dari luar sangkar *faraday*.
5. Memastikan tidak ada muatan sisa pada elektroda pembangkit tegangan tinggi dengan cara mentanahkan elektroda sumber tegangan tinggi sebelum digunakan.
6. Menghubungkan fasa sumber tegangan tinggi dengan elektroda bola menggunakan kabel konduktor sementara elektroda bidang juga dihubungkan dengan masukan RC *detektor* dan HPF. Terminal RC *detector* yang lain kemudian ditanahkan sebagaimana gambar 3. Dari keluaran HPF dihubungkan dengan masukan *arester* dan dari keluaran *arester* masuk ke *channel* pada osiloskop digital GDS 2000. Menghubungkan osiloskop GDS 2000 dengan PC melalui USB.
7. Mengecek dan memastikan rangkaian percobaan dalam posisi yang benar.
8. Menghidupkan Osiloskop dan *Personal Computer*. Setelah itu program *FreeWave* dengan fungsi Real-time screen display atau waveform data capture dibuka.

9. Mengecek koneksi dan kesiapan antara program *FreeWave* dengan osiloskop GDS 2000 yaitu dengan mengklik tombol *connect*, jika sudah terkoneksi maka tulisan GDS 2000 akan muncul.



Gambar 4: Tampilan FreeWave untuk koneksi dengan PC

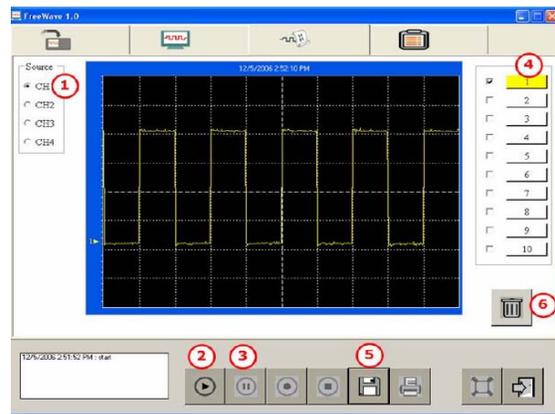
10. Menghidupkan pembangkit tegangan tinggi dan mengatur tegangan kerja hingga terlihat pulsa PD pada osiloskop GDS 2000 pada range skala 5 kV<sub>rms</sub>.
11. Setelah semua siap dan pembangkit tegangan tinggi dihidupkan maka pada tampilan Real-time screen display di klik maka data pada osiloskop akan ditampilkan dan untuk memulai proses perekaman maka tombol *record* diklik.



Gambar 5: Real-time Screen Display

12. Melakukan eksekusi pengambilan dan penyimpanan data pengukuran PD untuk menit ke-1, menit ke-5, menit ke-10 dan seterusnya

sampai selesai (menit ke-90). Semakin banyak kejadian PD yang diukur maka data yang diperoleh akan semakin valid. Setelah selesai, maka klik tombol *stop*, dan klik tombol *save*. Hasil perekaman akan tersimpan dalam bentuk video (.wmv). Untuk perekaman menggunakan Waveform data capture, yaitu dengan mengklik source : CH1, kemudian tekan tombol *read* ketika waveform ditampilkan maka tekan *stop*, kemudian tekan *save*, data yang disimpan dalam bentuk data .csv, untuk menghapus waveform tekan *delete*.



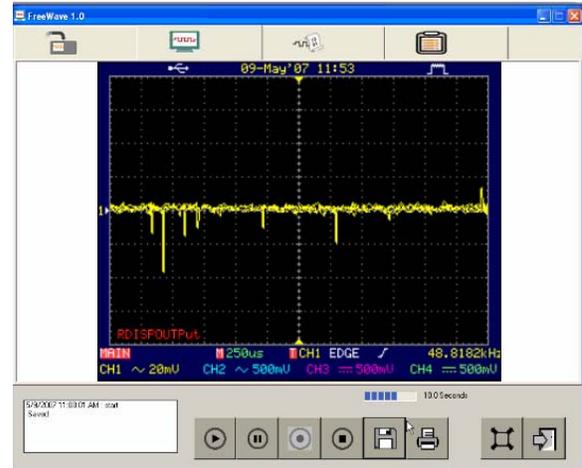
Gambar 6: Waveform Data Capture

13. Mematikan PC, Osiloskop dan sumber tegangan tinggi yang kemudian elektroda tegangan tingginya ditanahkan untuk membuang muatan sisa bila pengukuran telah selesai.

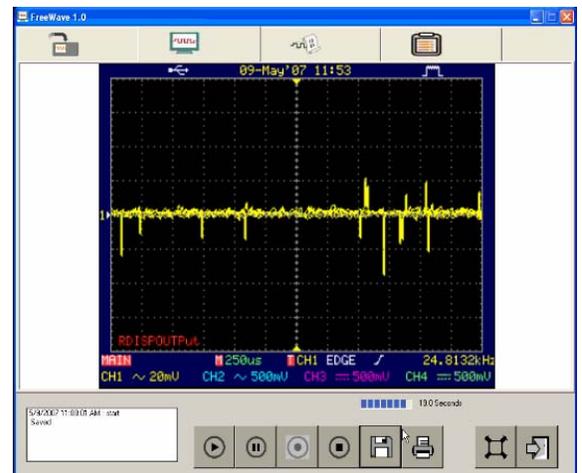
### 3.4 Akuisisi Data

Dalam sistem pengukuran metoda II CIGRE ini komputer bertindak sebagai *controller* dalam pengambilan data PD dari osiloskop. Data mengenai kejadian PD diperoleh melalui beberapa tahap yaitu

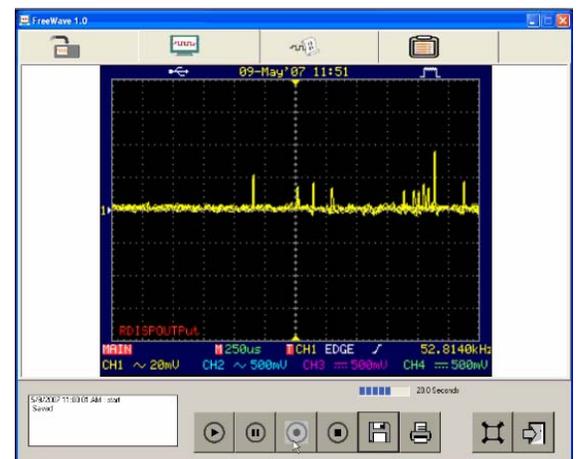
1. Saat terjadi PD pada void sampel maka arus yang mengalir menuju ke *ground* akan terdeteksi oleh *RC detector* yang akan mengintegrasikan pulsa arus PD menjadi pulsa tegangan.
2. Pulsa tegangan ini akan difilter oleh HPF sehingga didapatkan pulsa tegangan PD.
3. Besarnya tegangan PD kemudian ditampilkan melalui osiloskop digital GDS 2000.
4. Dengan menggunakan interface USB maka data kejadian PD yang tampil pada layar osiloskop dapat ditransfer ke komputer. Proses eksekusi pengambilan data dari osiloskop ke komputer diatur melalui program FreeWave, yang meliputi Real Time screen display, Waveform data Capture dan DSO Remote Control.



(a)

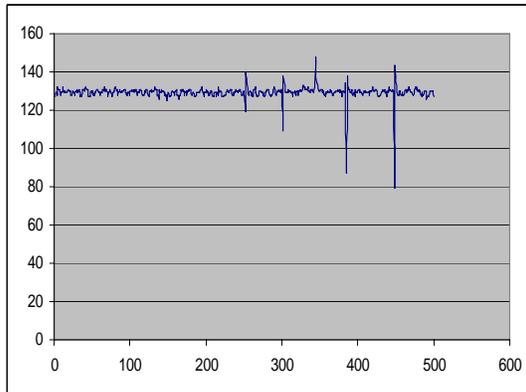


(b)



(c)

Gambar 7: (a), (b) dan (c) – Tampilan pulsa PD pada perekaman Real-time Screen Display osiloskop GDS 2000 saat pengukuran



**Gambar 8:** Hasil perekaman dengan menggunakan Waveform data capture

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses perekaman Partial Discharge secara real time dapat dilakukan dengan menggunakan program FreeWave, yaitu melalui Real-time Screen display, yang hasilnya berupa file .wmv.
2. Untuk program eksekusi melalui Waveform data capture, proses perekamannya masih terlalu lambat, yaitu 10 detik setiap 1 kali eksekusi. File yang dihasilkan berupa .csv.
3. Untuk osiloskop GDS 2000, pengambilan data dapat juga dilakukan dengan menghubungkan Flashdisk langsung pada USB osiloskop GDS 2000.

#### 5. REFERENSI

- [1] Bonggas, L. Tobing, “**Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi**,” Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 2003.
- [2] Munandar A., DR., **Teknik Tegangan Tinggi**, Ghalia, Indonesia. Jakarta, 1983.
- [3] Santoro, **Karakteristik Peluahan Sebagian Pada Model Void Berdasarkan Fungsi Waktu Dalam Polyvinyl Chloride (PVC) Menggunakan Elektroda Metode II CIGRE**, Tugas Akhir S-1, Universitas Diponegoro, Semarang 2007.
- [4] Instek, “**Manual Book For GDS 2000**”, Taiwan.