

## Pola Peluahan Parsial (*Partial Discharge*-PD) Pada Bahan Isolasi Epoxy Resin

**Henry B.H. Sitorus<sup>1</sup>, Herman H. Sinaga<sup>1</sup>, M. Jaenussolihin<sup>2</sup>**

1. Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

2. Alumni Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

hbh\_sitorus@unila.ac.id

**Abstrak**—Kegagalan isolasi tegangan tinggi yang mengarah pada peristiwa *breakdown* sangat menentukan keandalan suatu sistem tenaga. Sebagian besar kegagalan isolasi diakibatkan oleh adanya aktifitas PD pada bahan isolasi tersebut, khususnya isolasi padat yang memicu tumbuhnya pemohonan listrik. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut diperlukan adanya pemahaman tentang karakteristik dan pola PD yang terjadi pada bahan isolasi. Aktifitas peluahan parsial atau *Partial Discharge* (PD) yang terjadi pada bahan isolasi *epoxy resin* akan dibahas pada penelitian ini. Pola peluahan parsial yang terjadi akan dianalisis, yaitu; karakteristik jumlah PD yang terjadi ( $n$ ), peluahan pulsa maksimum PD( $q$ ) serta sudut terjadinya luahan pulsa PD( $\phi$ ). Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda jarum-piring. Pengolahan data yang diperoleh dari penelitian, dianalisis menggunakan *software* Matlab, yaitu *toolbox Wavelet SWT Denoising 1-D*.

**Kata Kunci:** Pola Peluahan Parsial, Epoxy Resin

**Abstract**—*High voltage insulation failure that led to the breakdown of events is crucial reliability of a power system. Most of the failure of the insulation caused by the presence of PD activity on the insulation material, especially the solid insulation which triggering the growing of electric tree. To anticipate these problems required an understanding of the characteristics and patterns that occur in PD insulating material. Activities Partial Discharge (PD) which occur in epoxy resin insulating materials will be discussed in this research. Partial discharge pattern happens to be analyzed, the characteristics of PD that occurred ( $n$ ), the maximum pulse peluahan PD ( $q$ ) and angle of discharge of the PD pulse ( $\phi$ ). In this research, Electrodes used is a needle-plate electrode. The data processing obtained from the research,*

*analyzed using the Matlab software, namely Denoising 1-D Wavelet toolbox.*

**Keywords:** *Partial discharge pattern, Epoxy Resin*

### A. Pendahuluan

Teknik pengukuran peluahan parsial atau *Partial Discharge* (PD) dalam isolasi sistem tenaga listrik terus dikembangkan hingga saat ini. Pengukuran ditujukan untuk mengetahui pola PD pada suatu bahan isolasi. Dengan mengetahui pola PD pada suatu bahan isolasi, dapat mendiagnosa adanya cacat atau kerusakan pada isolasi tersebut sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah.

Analisis data dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Lab-View atau dengan menggunakan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Penggunaan DWT dalam menganalisis pola PD sebagai alat yang membantu untuk menampilkan sinyal PD dari sinyal derau yang menyelimuti gelombang PD yang sebenarnya. Metoda Transformasi Wavelet Diskrit (DWT) memiliki kemampuan untuk menampilkan data dengan resolusi frekuensi dan waktu yang sangat tinggi.

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah isolasi polimer epoxy resin, dan menggunakan elektroda jarum-piring. Dengan memahami pola PD pada bahan isolasi epoxy resin, maka dapat dipahami karakteristik bahan serta sifat elektrik bahan isolasi tersebut, sehingga dalam pemeliharaan suatu sistem isolasi tenaga listrik dapat dijadikan sebagai

---

Naskah ini diterima pada tanggal 10 Februari 2008, direvisi pada tanggal 12 Maret 2008 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 20 April 2008

referensi untuk mengambil tindakan dalam memprediksi dan penanganan gangguan.

Untuk perencanaan suatu sistem isolasi dapat menggunakan pola PD tersebut sebagai bahan pertimbangan dalam memilih bahan isolasi yang akan digunakan pada sistem yang akan dibuat.

## B. Tinjauan Pustaka

### Bahan Isolasi Epoxy Resin

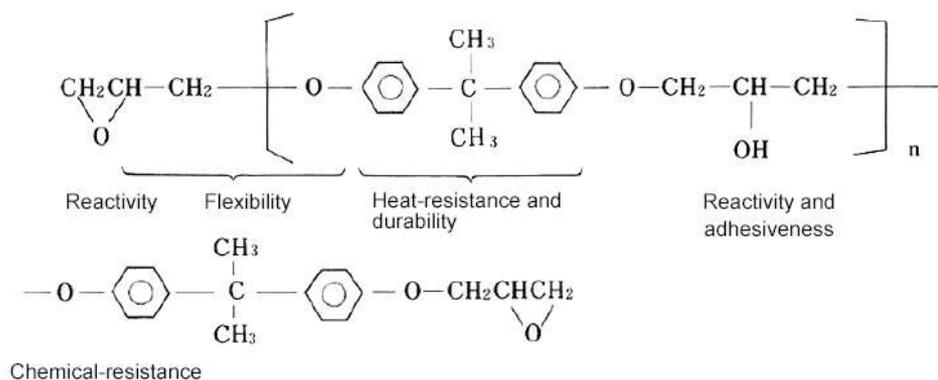
*Epoxy* merupakan sebuah siklus *eter*, sehingga ikatan ini menjadi tegang. Ketegangan ini menyebabkan *epoxy* menjadi lebih reaktif dibanding dengan jenis *eter* yang lain seperti *Nucleophiles*. Penamaan *epoxy* berasal dari *Ethylene* dan *Oxyde* sehingga disingkat menjadi *epoxyde*. Suatu bahan polimer yang terbentuk dari beberapa *epoxyde* (*Polyepoxyde*) disebut *epoxy*. Salah satu bahan yang dibentuk dari *epoxy* adalah *epoxy resin*, yang merupakan campuran *epoxy* dengan damar (*resin*) sehingga bahan ini disebut *epoxy resin*. Gambar 1 adalah struktur kimia *epoxy resin*: *Epoxy resin* adalah epoksida polymer yang dihasilkan dengan proses polimerisasi dan ikatan, ditambah katalis yang berfungsi sebagai pengeras. Pada umumnya *epoxy resin* dihasilkan oleh reaksi antara zat *Epichlorohydrin* dengan *Bisphenol-A*. *Epoxy resin* adalah material yang tahan air, tahan panas dan tahan zat kimia, fleksibel dan memiliki sifat mekanis yang kokoh

serta memiliki sifat isolasi listrik yang baik.

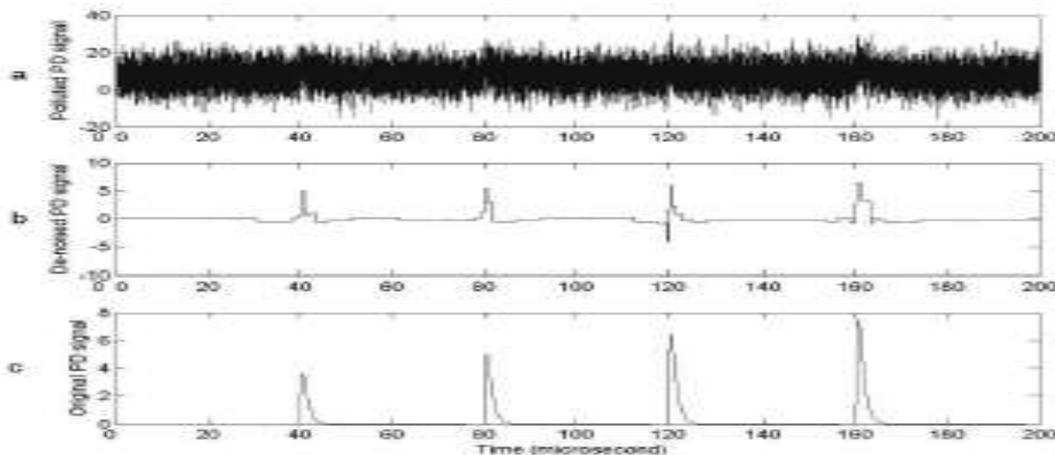
### Peluhan Parsial

Definisi peluhan parsial (PD) menurut standar IEC60270 adalah lucutan elektris yang dilokalisir pada bagian tertentu, yang terjadi secara parsial dan menjembatani antara konduktor dengan isolator (Jennifer Zirnheld). Peluhan parsial juga dapat diartikan sebagai tembus lokal pada berbagai bahan isolasi.

Peluhan parsial juga diartikan sebagai peristiwa pelepasan atau loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau pada permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Besarnya suatu PD dalam suatu sistem isolasi dinyatakan sebagai banyaknya perpindahan muatan (Q) yang terukur pada terminal suatu obyek yang diuji dan dinyatakan dengan satuan Coulomb. Peluhan parsial terjadi pada rongga atau sela, baik sela antara dua elektroda yang memiliki beda potensial yang tinggi, atau rongga yang berada di dalam bahan isolasi. Peluhan parsial yang terjadi antara dua elektroda biasanya diawali oleh adanya gas di antaranya, atau bisa juga diawali oleh adanya kerusakan isolasi antara dua elektroda yang berbeda potensial.



Gambar.1 Struktur kimia *epoxy resin*



Gambar 2. Pola PD dianalisa dengan menggunakan DWT-SWT *De-Noising 1-D*

### Alat Bantu Analisis Pola Peluahan Parsial

*Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah suatu *tools* yang tersedia pada *software Matlab*. Data PD merupakan data yang terdiri dari pulsa luahan muatan dengan frekuensi yang tinggi, sehingga periodanya sangat pendek. Kemampuan DWT dapat mentransformasikan suatu fungsi atau operator ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berlainan, dan kemudian mengkaji setiap komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. Alasan yang paling mendasar mengapa digunakan DWT dalam menganalisis sinyal PD, bahwasanya hasil yang diharapkan setelah pengolahan data adalah titik-titik puncak tertinggi dari pulsa PD yang tersusun secara diskrit, DWT juga dapat menampilkan suatu sinyal dengan resolusi frekuensi tinggi dan resolusi waktu yang tinggi, resolusi frekuensi tinggi dan resolusi waktu yang rendah. Persamaan umum DWT dapat dituliskan sebagai berikut:

$$W(j,k) = \sum_j \sum_k x(k) 2^{-j^2} \psi(2^{-j}n - k)$$

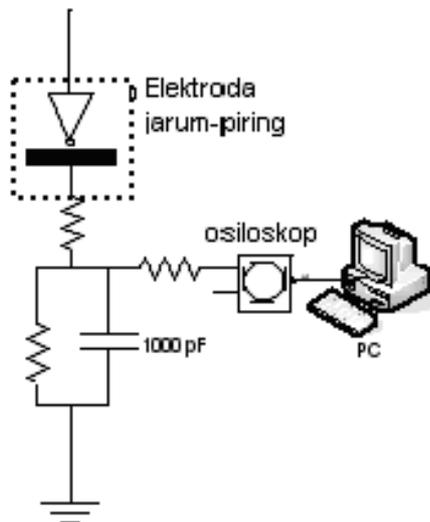
di mana,  $k$  adalah konstanta waktu *real* dari suatu fungsi energi terbatas dan  $j$  adalah konstanta waktu *imaginer* yang biasa disebut sebagai *mother wavelet*. Analisa DWT dapat dilakukan dengan cepat, yaitu dengan menggunakan

algoritma berbentuk piramida yang biasa disebut dengan *multirate filterbanks*. Sebagai filterbank, DWT dapat dianggap sebagai tetapan  $Q$  dengan jarak yang teratur antara *center filter* dengan masing-masing *sub-band* (George Tzanetakis, et al). Dalam menganalisa data hasil penelitian, banyak *software* yang bisa digunakan sebagai *tool*, diantaranya dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) seperti yang dilakukan oleh (Sitorus, Henry B.H., et al), dengan menggunakan *Lab-View* seperti yang dilakukan oleh (Syakur, A., et al) dan juga menggunakan *Transformasi Wavelet Diskrit* seperti (Hao Zang, et al). *Discrete Wavelet Transform* (DWT) adalah suatu *tools* yang tersedia pada *software Matlab*.

### Metode Jarum-Piring

Elektroda jarum piring digunakan dalam pengujian PD ditujukan untuk dapat mewakili kondisi yang sebenarnya dalam sistem tenaga listrik, dan juga disesuaikan dengan bahan isolasi yang akan diuji. Perbedaan elektroda yang digunakan dalam pengujian akan sangat mempengaruhi data pola PD yang dihasilkan. Untuk pengukuran PD menggunakan sistem elektroda ini, elektroda jarum dihubungkan dengan tegangan tinggi AC (50 Hz), sedangkan sisi tegangan rendah dihubungkan dengan

elektroda piring. Rangkaian pengukuran PD ditunjukkan seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Skema rangkaian pengujian metode jarum-piring

Alat ukur metode jarum-piring terbuat dari lempengan akrilik dan satu buah elektroda jarum dan satu buah elektroda piring. Elektroda jarum yang dipakai terbuat dari bahan konduktor baja dengan diameter 0.3 mm, sedangkan elektroda piring terbuat dari bahan aluminium.

### C. Metode Penelitian

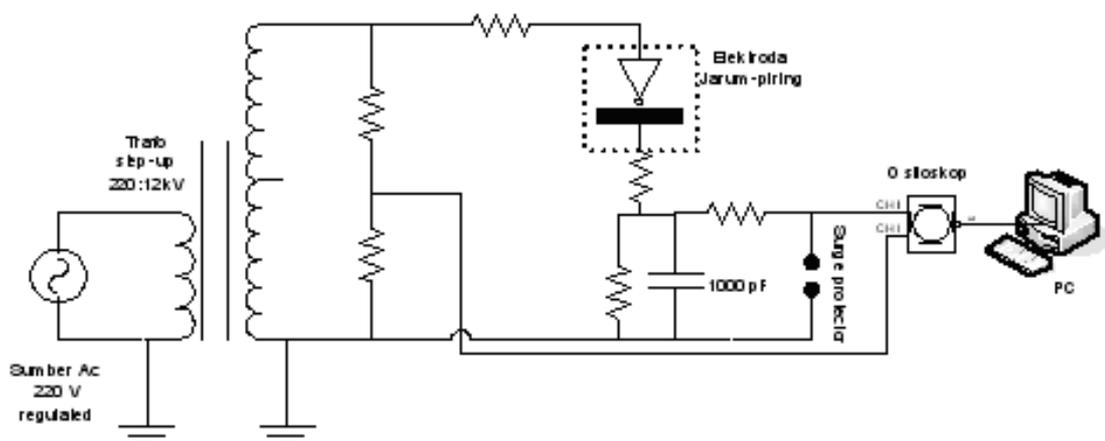
Bahan uji *epoxy resin* dibuat dari bahan utama yang berbentuk bubuk, kemudian

dipanaskan sampai titik leburnya yaitu  $110^{\circ}\text{C}$ , kemudian dicetak sesuai dimensi yang ditentukan, yaitu panjang 2 cm, lebar 1 cm dan tinggi 2.5 cm pada ruangan bertekanan tinggi. Pada saat pembuatan, elektroda jarum diletakan di tengah bahan uji. Elektroda jarum di tanam dalam benda uji dengan panjang elektroda jarum adalah 5,5 cm dan diameter 0,7 mm, dengan jarak antara jarum dengan piring adalah 0,5 cm.

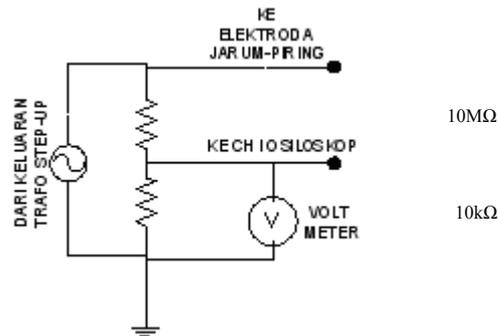
Pengukuran peluahan sebagian yang terjadi pada *epoxy resin* saat elektroda jarum di beri tegangan tinggi seperti yang terlihat pada gambar 4.

Rangkaian pada gambar 7 digunakan untuk memperoleh data PD pada bahan uji. Tegangan pada PD detektor akan dibaca oleh osiloskop yang kemudian akan ditampilkan pada monitor komputer. Untuk membandingkan bentuk gelombang *input* dengan pulsa PD yang timbul, maka gelombang acuan juga ditampilkan pada osiloskop.

Untuk menjamin keamanan alat dari tegangan tinggi, maka digunakan pembagi tegangan resistif, seperti tampak pada gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian pengujian PD jarum-piring



Gambar 5. Rangkaian pembagi tegangan resistif

**D. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Data yang diperoleh berupa gambar gelombang tegangan. Data ini kemudian disimpan di komputer. Data ini akan digunakan sebagai masukan pada program *Mathlab* untuk dianalisis pola peluahan parsialnya.

Pada saat mengambil sampel sinyal derau untuk kalibrasi, masukan dari elektroda jarum-piring diputus, hal ini untuk memastikan bahwa pada sinyal derau yang diambil tidak ada sinyal PD sama sekali.

Pengambilan data PD dilakukan dengan menyimpan data yang dicuplik dari osiloskop setiap 10 menit untuk satu level tegangan. Data yang dicuplik dari osiloskop berupa data dengan format tabular (dengan ekstensi tab) agar dapat ditampilkan pada MS-Excel.

Data yang diperoleh dari penelitian dengan ekstensi mes kemudian ditampilkan pada *software* SP107E untuk di-*export* menjadi format *tabular* kemudian ditampilkan pada MS-Excel dan disimpan dengan ekstensi xls. Data hasil penelitian yang telah ditampilkan pada MS-Excel dengan ekstensi tab tampak pada gambar 6. Data *tabular* yang ditampilkan pada MS-Excel masih mencakup dua kanal, yaitu kanal 1 (kolom B pada gambar 6) yang menunjukkan tegangan referensi dan kanal 2 (kolom C pada gambar 6) yang menunjukkan data PD, maka data kanal

dua disalin untuk disimpan pada format xls, seperti tampak pada gambar 7.

	A	B	C	D	E
1	Time in s	CH I in Volt	CH II in Volt	REF I in Volt	REF II in Volt
2	0.00E+00	-2.80E-01	8.00E-04		
3	1.00E-05	-2.80E-01	2.40E-03		
4	2.00E-05	-2.80E-01	-3.20E-03		
5	3.00E-05	-2.80E-01	-3.20E-03		
6	4.00E-05	-2.40E-01	1.60E-03		
7	5.00E-05	-2.40E-01	2.40E-03		
8	6.00E-05	-2.40E-01	-8.00E-04		
9	7.00E-05	-2.00E-01	8.00E-04		
10	8.00E-05	-2.00E-01	1.60E-03		
11	9.00E-05	-2.00E-01	0.00E+00		
12	1.00E-04	-2.00E-01	-8.00E-04		
13	1.10E-04	-1.60E-01	1.60E-03		
14	1.20E-04	-1.60E-01	1.60E-03		
15	1.30E-04	-1.60E-01	-8.00E-04		
16	1.40E-04	-1.60E-01	0.00E+00		
17	1.50E-04	-1.20E-01	3.20E-03		
18	1.60E-04	-1.20E-01	3.20E-03		

Gambar 6. Data dengan format *tabular* pada MS-Excel

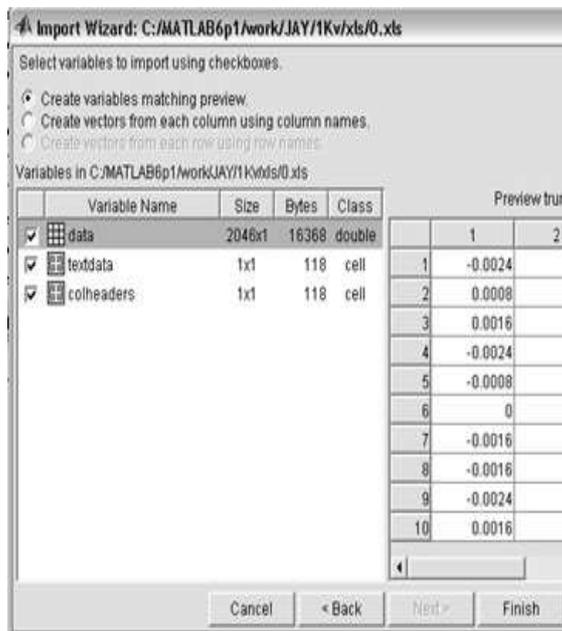
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	CH I in Volt							
2	8.00E-04							
3	2.40E-03							
4	-3.20E-03							
5	-3.20E-03							
6	1.60E-03							
7	2.40E-03							
8	-8.00E-04							
9	8.00E-04							
10	1.60E-03							
11	0.00E+00							
12	-8.00E-04							
13	1.60E-03							
14	1.60E-03							
15	-8.00E-04							
16	0.00E+00							
17	3.20E-03							
18	3.20E-03							
19	8.00E-04							
20	8.00E-04							

Gambar 7. Data dengan format xls pada MS-Excel

Data yang diperoleh terdiri dari 5 data untuk masing-masing level tegangan dan satu data kalibrasi derau untuk menentukan *threshold* pada saat pengolahan data.

**Pengolahan Data**

Pengolahan data dimulai dengan meng-import data dari software *Mathlab*. Data



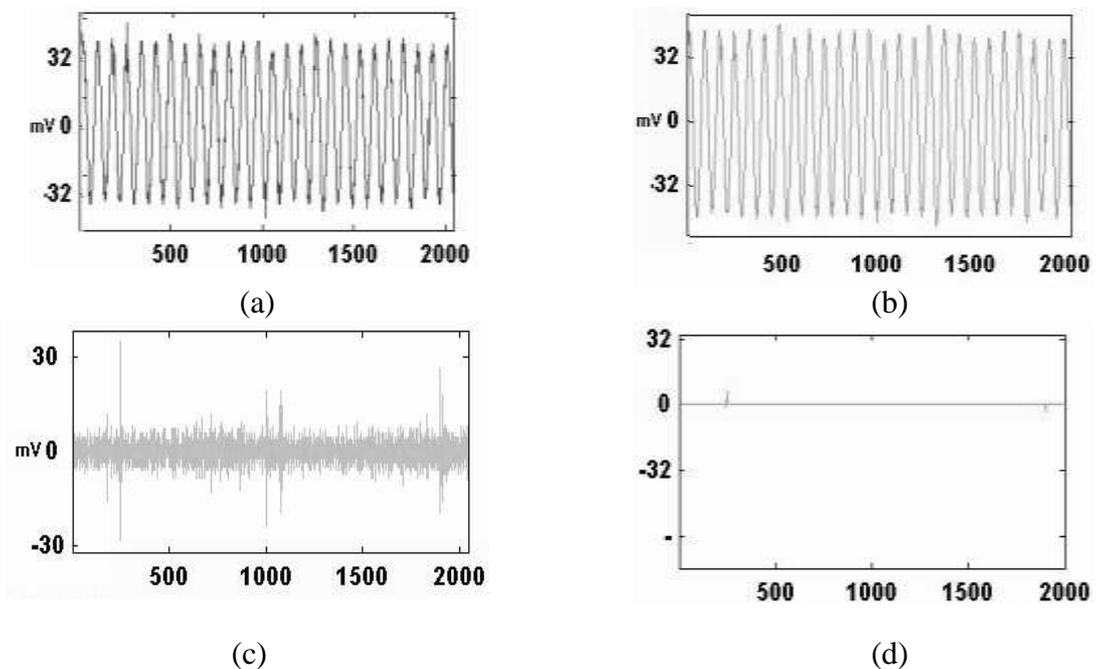
Gambar 8 Tampilan menu *import* data pada *Mathlab*

yang di-import dari *Mathlab* berupa data yang sudah dalam ekstensi *xls*. Langkah pengolahan data dengan menggunakan *Mathlab* adalah meng-*import* data untuk mendapatkan data *matfile*, yaitu suatu

ekstensi yang dimiliki oleh *Mathlab*, menentukan *threshold*, mengolah data yang sudah berekstensi *mat* pada toolbox *Wavelet SWT De-noising 1D*, Menganalisis data yang dihasilkan dari pengolahan pada *Wavelet*, menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik.

Dalam menentukan besarnya *threshold* yang dipakai dalam pengolahan data menggunakan *Wavelet* dilakukan dengan mengekspor data kalibrasi derau yang diperoleh ke format *xls*, data kalibrasi diolah dengan menggunakan *Wavelet*, dengan metoda *try and error*. Sinyal keluaran dari PD detektor kemudian diolah menggunakan *DWT*, gelombang yang dihasilkan adalah seperti pada gambar 9.

Pada sinyal derau sesungguhnya tidak ada campuran pulsa PD, namun pada hasil *De-noise* sinyal derau terlihat seolah ada PD (d), maka dapat dinyatakan bahwa *threshold* 0.001 terlalu kecil. Selanjutnya dilanjutkan dengan *threshold* 0.002 dan 0.003

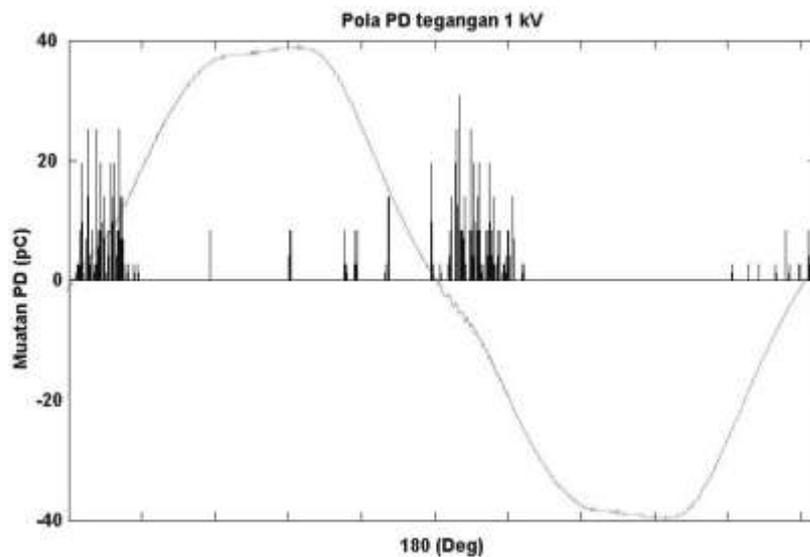


Gambar 9 (a) adalah sinyal injeksi yang tercampur dengan derau, (b) adalah sinyal injeksi yang di-*De-noise* dengan *threshold* 0.001, (c) sinyal derau yang dipisahkan dari sinyal injeksi, (d) hasil *De-noise* sinyal derau

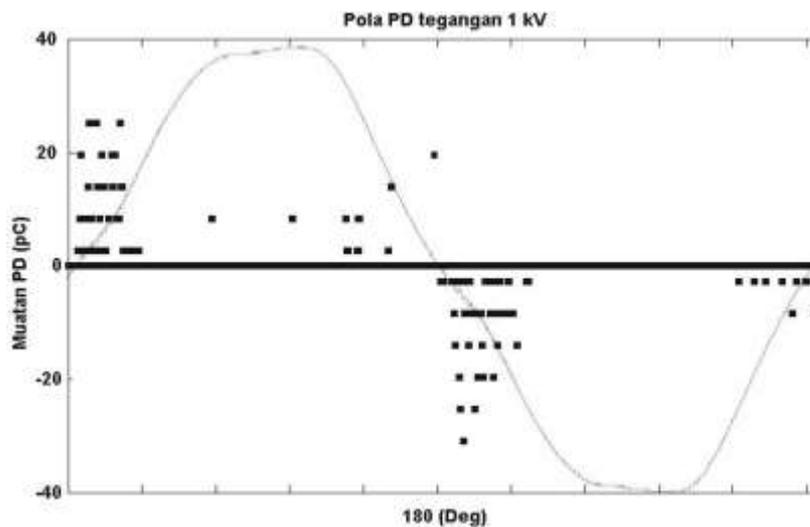
Setelah *threshold* diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data hasil penelitian dengan menggunakan *Wavelet*. Data PD diproses dengan cara memisahkan sinyal derau yang bercampur dengan derau dari gelombang sinusoidal, kemudian sinyal derau yang bercampur dengan data PD di-*De-noise* kembali untuk mendapatkan data PD yang sebenarnya. Data PD yang berbentuk garis-garis kemudian disimpan dalam bentuk gambar (JPG format). Untuk memudahkan kita dalam menganalisa polanya, maka garis-garis pulsa PD ditampilkan pada sumbu Y positif dengan

bantuan *software* pengolah gambar ACDsee.

Dengan melihat data PD yang disajikan pada gambar 10, maka dapat dilihat pola PD secara umum, yaitu melihat luahan yang terjadi, kemudian melihat sudut terjadinya luahan PD dengan membandingkan dengan melihat satu siklus gelombang sinusoidal sebagai referensi. Untuk memudahkan dalam penghitungan dan pengamatan terjadinya pulsa PD, maka PD ditampilkan puncak saja.



Gambar 10. Pola PD ditampilkan pada sumbu Y positif



Gambar 11. Pola PD ditampilkan titik puncaknya

Secara tipikal dapat diketahui bahwa luahan pulsa PD mayoritas terjadi pada siklus negatif, hal ini terjadi karena arah elektron pada elektroda jarum bidang adalah dari elektroda bidang menuju elektroda jarum, diketahui bahwa elektron berkumpul lebih banyak (mendominasi) pada permukaan elektroda bidang yang lebih luas dari elektroda jarum. Sedangkan sudut terjadinya luahan pulsa PD hampir seragam untuk setiap level tegangan, yaitu pada siklus positif dimulai sekitar sudut  $0^\circ$  sampai sudut  $36^\circ$  dan pada siklus negatif dimulai dari sudut sekitar  $180^\circ$  sampai dengan sekitar sudut  $216^\circ$  serta di akhir siklus negatif yaitu sekitar sudut  $270^\circ$ .

Untuk mendapatkan banyaknya jumlah pulsa PD dilakukan dengan cara menghitung secara manual dengan melihat data setelah diolah dengan *SWT De-noising 1-D*, untuk mendapatkan besaran maksimum pulsa PD dengan melihat

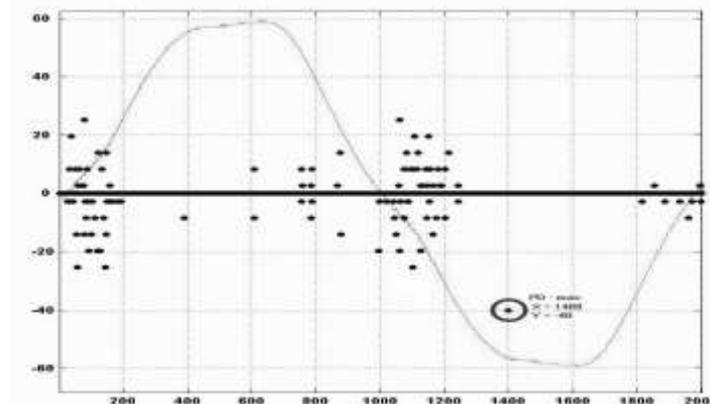
puncak amplitudo muatan maksimum PD, sedangkan untuk mengetahui sudut terjadinya PD maksimum dengan membandingkan koordinat pulsa PD pada sumbu X dengan satu siklus gelombang sinusoidal yaitu  $360^\circ$ , dengan rentang sumbu X antara 0-2000.

Pada gambar 12, suatu PD yang dilingkari terletak pada sumbu X=1400 dan Y= - 40, maka besarnya magnitud PD tersebut adalah 40 pC, sedangkan sudut terjadinya PD tersebut dihitung dengan cara:

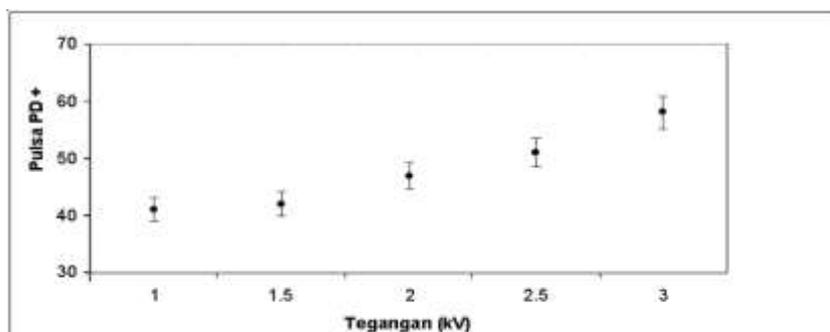
Diketahui: satu siklus gelombang sinusoidal adalah  $360^\circ$  dan setengah siklusnya adalah  $180^\circ$ , maka PD yang terjadi pada sumbu X=1400 ,

$$\frac{1000}{1400} = \frac{180^\circ}{\phi}$$

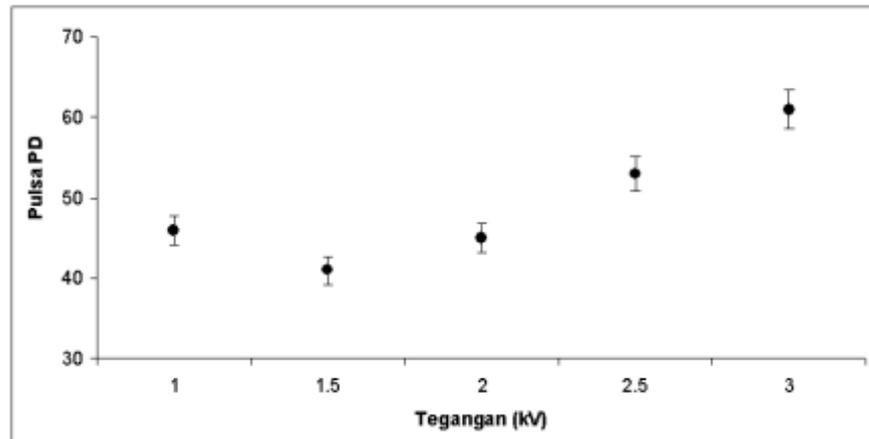
$$\text{maka : } \phi = 180^\circ \times \frac{1400}{1000} = 252^\circ$$



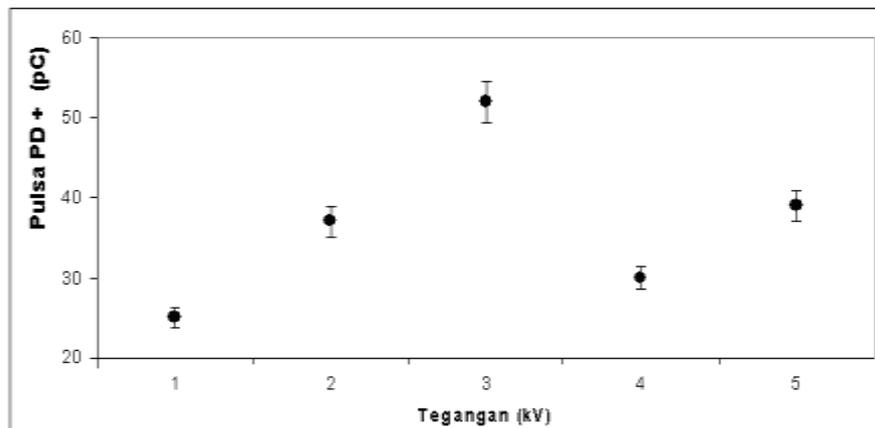
Gambar 12. Letak PD dengan skala pada *Mathlab*



Gambar 13. Jumlah pulsa PD positif akibat adanya perubahan tegangan



Gambar 14. Jumlah pulsa PD negatif akibat adanya perubahan tegangan



Gambar 15 Muatan maksimum PD positif akibat adanya perubahan tegangan

### Karakteristik Jumlah PD Sebagai Fungsi Tegangan

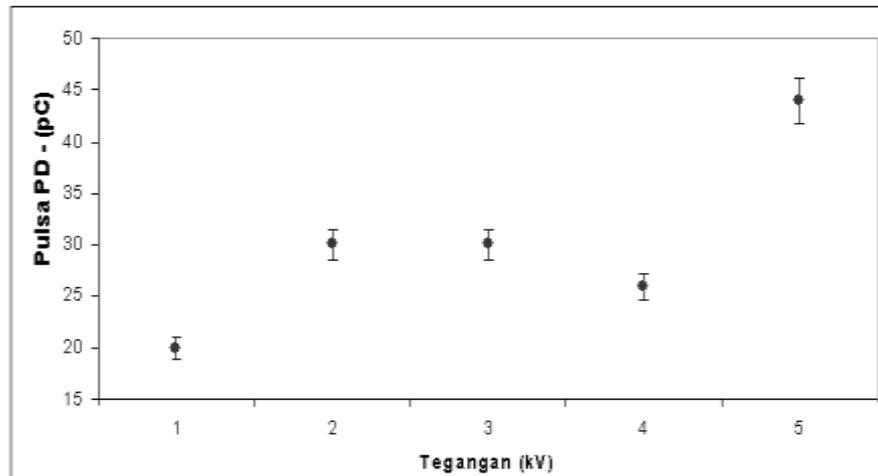
Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan perubahan jumlah pulsa PD akibat adanya perbedaan besaran tegangan yang diterapkan pada bahan uji, gambar 13 mewakili jumlah pulsa PD pada siklus positif, sedangkan gambar 14 mewakili jumlah pulsa PD pada siklus negatif.

Secara umum dapat dikatakan bahwa dengan naiknya besar tegangan yang diterapkan pada bahan uji maka jumlah pulsa PD akan meningkat, terlihat perbandingan pulsa PD pada tegangan 1kV dengan tegangan di atasnya. Pada siklus negatif muatan PD lebih banyak dikarenakan pada elektroda piring luhan

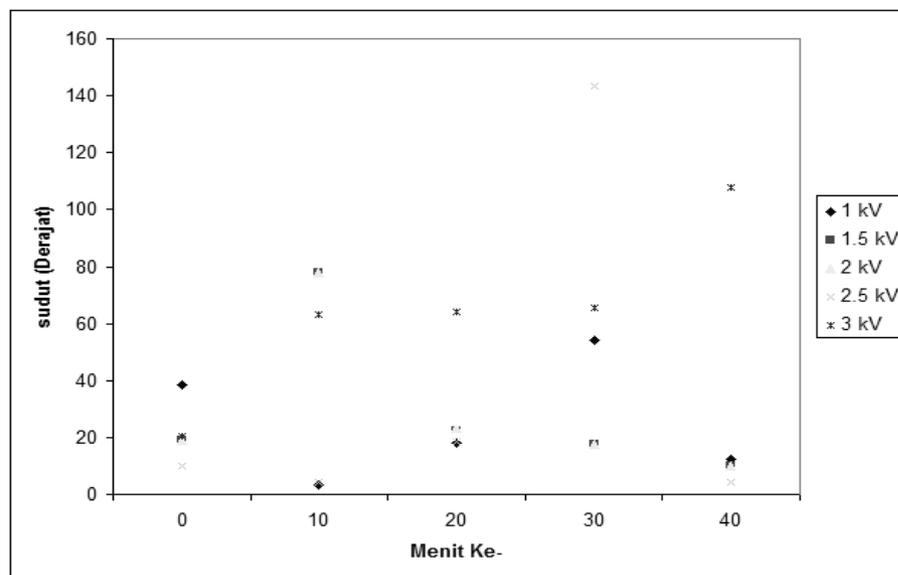
yang terjadi lebih banyak dibandingkan dengan muatan pada elektroda jarum, selain itu juga dikarenakan arah arus berasal dari elektroda jarum menuju elektroda piring, berarti arah elektron dari elektroda piring menuju elektroda jarum.

### Karakteristik Besar Muatan Maksimum Sebagai Fungsi Tegangan

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara perubahan tegangan yang diterapkan pada bahan uji terhadap besar muatan maksimum per siklus tegangan, gambar 15 mewakili muatan maksimum PD pada siklus positif, sedangkan gambar 16 mewakili muatan maksimum PD pada siklus negatif.



Gambar 16. Muatan maksimum PD negatif akibat adanya perubahan tegangan



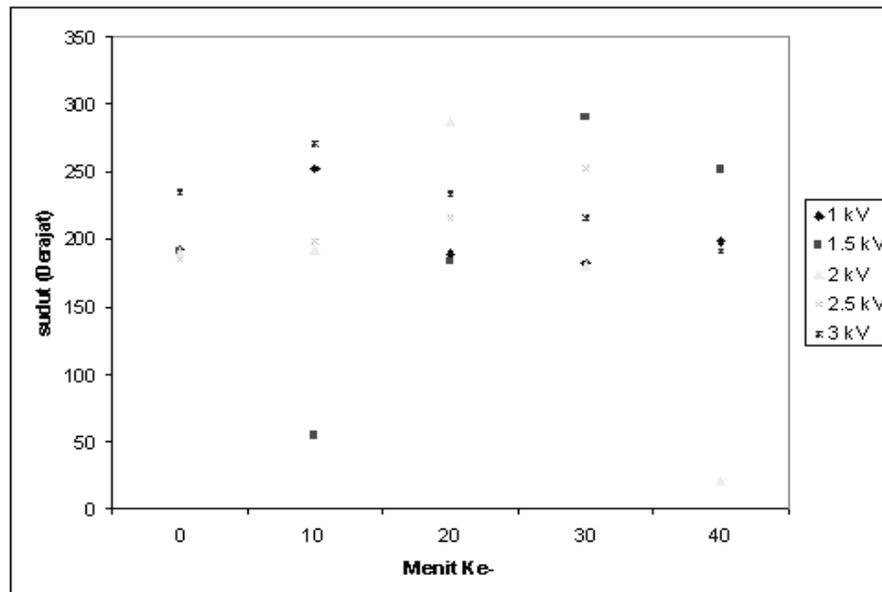
Gambar 17. Sudut terjadinya PD positif maksimum akibat adanya perubahan tegangan

Dari pola tersebut terlihat bahwa sebagian besar pulsa PD terjadi pada siklus negatif gelombang sinusoidal yang diteliti. Pulsa PD terlihat mengumpul pada saat gelombang sinusoidal akan turun dari nol dan akan naik dari nol.

Dengan meningkatnya rating tegangan yang diterapkan pada bahan uji, terlihat jumlah PD yang muncul semakin meningkat.

### Karakteristik Sudut Terjadinya PD Maksimum Sebagai Fungsi Tegangan

Pola PD yang terjadi pada bahan isolasi *epoxy resin* yaitu luahan pulsa PD terjadi dominan pada siklus negatif dengan sudut berkisar antara  $180^{\circ}$  sampai  $216^{\circ}$ , sedangkan sebagian kecil terjadi pada saat siklus positif yaitu berkisar pada sudut antara  $0^{\circ}$  sampai  $36^{\circ}$ , dengan magnitud maksimum terbesar terjadi pada siklus negatif.



Gambar 18. Sudut terjadinya PD negatif maksimum akibat adanya perubahan tegangan

### Konversi Dari Tegangan Menjadi pC

Untuk mendapatkan nilai kesetaraan antara tegangan dengan muatan digunakan rumus muatan pada kapasitor, yaitu  $q = C.V$ , dimana tegangan yang terukur pada saat percobaan merupakan tegangan yang timbul pada PD *detector* yang terdiri atas resistor dan kapasitor yang tersusun secara paralel. Misalkan tegangan yang terukur pada PD *detector* dengan  $C=1000$  pF dari data hasil penelitian adalah 15 mV, maka muatan PD-nya adalah  $15 \text{ mV} \times 10^{-9} = 15 \text{ pC}$ .

### E. Kesimpulan

Pada peluahan parsial isolasi *epoxy resin* Jumlah luahan pulsa PD (n) paling mendominasi terjadi pada saat siklus negatif gelombang sinusoidal. Semakin tinggi rating tegangan yang diterapkan pada bahan uji, maka jumlah luahan pulsa PD (n) yang terjadi semakin banyak. Muatan maksimum PD (q) pada siklus negatif dan positif cenderung meningkat dengan semakin tingginya tegangan yang diterapkan pada bahan uji. Pergeseran sudut fasa terjadinya PD pada siklus negatif bergeser lebih sedikit dibandingkan pada siklus positif. Luahan pulsa PD terjadi lebih dominan pada siklus

negatif, berkisar antara sudut  $180^\circ$  sampai  $216^\circ$ , sedangkan sebagian kecil terjadi pada saat siklus positif yaitu berkisar pada sudut antara  $0^\circ$  sampai  $36^\circ$ , dengan magnitud maksimum terbesar terjadi pada siklus negatif.

### Daftar Pustaka

- [1]. Agung Haryo, Adib Saiful. 2004. *Partial Discharge And Diagnosis* Diakses tanggal 14 Mei 2007.
- [2]. Gasale. Del. Lorenzo. Di. M, R . Schifani.2000. *Partial Discharge Tests using CIGRE Method II*.University of Denmark.
- [3]. Hao Zhang, T.R Blackburn, B.T. Phung And D.Sen. 2007. *A Novel Wavelet Transform Technique for On-line Partial Discharge measurements*. School of Electrical Engineering and Telecommunications The University of New South Wales, Australia.
- [4]. Sitorus BH. Henry, S.R Ageng, Sinaga H. Herman, Tobing L. Bonggas. 2002. *Analisa Pola Peluahan Korona pada Berbagai Bentuk Elektroda Dengan Analisa FFT*. Seminar Nasional & Workshop Tegangan Tinggi

- [5]. Syakur A., 2005. Pengukuran Partial Discharge (PD) pada Bahan Isolasi Polimer Untuk Mendeteksi Kerusakan Isolasi Pada Peralatan Tegangan Tinggi Dengan Menggunakan Software LabView. Universitas Diponegoro.
- [6]. Vogelsang.R.2002. *Electrical tree propagation along barrier-interfaces in epoxy resin*. Switzerland
- [7]. Zheng Dian-chun , Zhang Chun-xi, Yang Guo-qing , Sun yong Xue-. 2006. *An Experiment Study of Partial Discharge Pattern Recognition Method Based on Wavelet Neural Networks* Electrical & Electronic Engineering College, Harbin Univ. Sci. & Tech., Harbin 150040, China.
- [8]. Zirnheld Jennifer, 2004. *A unique and innovative methode for the characterization of high frequency micro discharges or partial discharges and their relation to physical defect exshibiting high electric field stress while in the time domain*. USA : UMI Microform.
- [9].