

The Potential of Using Partial Discharge Analysis for Condition Monitoring of Polymer Insulator

I.A.D. Giriantari¹

Abstract— Polymeric insulators are widely used now days due to some advantages such as compact design, light, handy and easy to install therefore less installation cost. However, polymeric insulator can be deteriorate by ageing process due to UV, severe weather, extreme temperature, humidity, and vandalism. Deterioration due to severe weather and vandalism are usually undetectable. There are many techniques have been introduced in order to detect the insulator condition, one of the technique is introduce here by using Partial Discharge analysis.

Study has been done in High Voltage Lab of UNSW Australia in order to investigate the potential of using Partial Discharge Measurement technique to monitor the insulator condition. Continuous PD measurement by examining the PD patterns and behaviour of three different insulator materials that are subjected to high humidity and pollution in the small chamber has been done. PD measurement has done by utilizing Computer Discharge Analyser 3 (CDA3). PD pattern was studied and examined including its statistical distribution and its scatter plot. It was done to be able to identify the PD's parameters that can be used for condition monitoring. Polymeric insulators were tested in clean and polluted condition. The PD signal analysis can be done in energized condition by using high frequency current transformer.

The CDA3 results in particular the statistical distributions and the scatter plots have exhibited a good correlation to the change of insulator's surface condition. PD's statistical distributions have given quantitative data of insulator's surface condition, whereas the scatter plots have given the qualitative data. In addition, it was also found that high frequency component of the PD's signal spectrum occurred when the insulator's surface has been damaged. This monitoring technique of polymeric insulator condition by using PD analysis has a great potential.

Keywords— Partial Discharge (PD), Polymer, Insulator, statistical distribution, Scatter plot

I. PENDAHULUAN

Isolator adalah merupakan salah satu alat pemisah atau isolasi yang terbuat dari bahan isolasi padat seperti keramik, kaca, dan polymer. Isolator yang diaplikasikan untuk pasangan luar tidak dapat terhindari dari kondisi cuaca yang buruk, polusi, serta kekerasan (*vandalism*) yang mengakibatkan terjadinya kerusakan yang mengakibatkan penurunan kemampuan. Akibat yang ditimbulkan oleh terjadinya penurunan kemampuan ini berbeda untuk setiap jenis isolator, hal ini sangat tergantung dari bahan pembuat isolator[1-2]. Polymer adalah bahan pembuat isolator yang banyak digunakan untuk jenis isolator luar

karena bahan ini menghasilkan isolator yang relatif lebih ringan, namun bahan polymer sangat sensitif terhadap cuaca, polusi dan kekerasan (*vandalism*). Kerusakan yang terjadi isolator polymer sangat mempengaruhi kinerja isolator namun hal itu tidak dapat dihindari, namun dengan melakukan monitoring secara berkala terhadap kondisi isolator maka kerusakan total dapat dihindarkan [2].

Ada berbagai cara sudah biasa dilakukan untuk memonitoring kondisi isolator pasangan luar seperti: acoustic, thermographi dengan infra merah, maupun dengan pengukuran arus bocor. Monitoring kondisi isolator dengan metode acoustic adalah dengan memonitor frekuensi dari *audible noise* yang diakibatkan oleh corona yang terjadinya pada isolator. Teknik ini sangat sering dilakukan namun kendala dalam mengenali frekuensi yang ditangkap, apakah frekuensi yang diakibatkan oleh corona dengan frekuensi lain yang ada disekitarnya [2]. Teknik thermography dengan infra merah juga banyak digunakan, namun teknik ini hanya akan mendeteksi jika terjadi kenaikan suhu pada permukaan isolator akibat terjadinya kebocoran dan hanya bisa dilakukan dalam kondisi yang gelap. Saat ini sudah dipasarkan teknologi untuk memonitor kondisi isolator dengan nama '*Day-cor*' yang mampu mendeteksi corona yang terjadi pada permukaan pada siang hari. Teknik thermographi baik yang infra merah maupun *Day-cor* hanya dapat mendeteksi adanya corona atau discharge secara visual saja. Sedangkan penggunaan teknik PD dalam memonitor isolator dapat memberikan identifikasi dini terhadap kondisi isolator [3]. Kelebihan teknik Partial Discharge (PD) yang diaplikasikan untuk memonitor kondisi dari isolator yang penulis sampaikan disini adalah dengan melakukan analisa kualitatif dan kuantitatif terhadap sinyal PD yang terjadi.

Partial Discharge (PD) berdasarkan definisi dari International Standar IEC 60270 [4] adalah "*a localised electric discharge that only partially bridges the insulation between conductors and which may or may not occur adjacent to a conductor*" merupakan discharge atau pelepasan muatan listrik secara local yang menghubungkan secara parsial atau sebagian dari isolasi diantara konduktor dan yang terjadi baik dipermukaan maupun didalam. Standar ini juga mengklasifikasikan PD menjadi: **Internal discharge** yaitu discharge yang terjadi didalam bahan isolasi akibat adanya daerah atau celah yang kekuatan dielektrik yang lebih rendah dari sekitarnya; **Surface Discharge** yaitu discharge yang terjadi pada *interface* dua buah bahan isolasi yang ber-

Naskah diterima pada 31 Oktober 2007, selesai revisi pada 10 Juli 2008

¹I.A.D. Giriantari adalah dosen Teknik Elektro, Universitas Udayana, Bali , INDONESIA (e-mail: dayu.giriantari@unud.ac.id)

beda, discharge dimulai dari permukaan elektoda dan kemudian menyebar pada permukaan bahan isolasi padat; **Corona** adalah bentuk partial discharge yang terjadi pada medium gas disekitar conductor yang jauh dari isolasi padat maupun cair. Dalam standar ini juga disebutkan bahwa PD akan terdeteksi sebagai sinyal atau pulsa, jika terjadi loncatan bunga api maka hal ini bukan PD akan tetapi ini disebut dengan Flashover.

PD monitoring dilakukan terhadap isolator dalam kondisi bersih maupun dalam kondisi terkontaminasi oleh polusi buatan yang dikenal dengan *artificial pollution test method*. Dalam Standar Internasional IEC-507 [5] direkomendasikan dua metode test polusi buatan yaitu: metode pengabutan garam (*salt fog method*) dan metode pelapisan polusi padat dengan pengabutan uap air (*solid layer/clean fog method*). Metode pengabutan garam cukup banyak digunakan untuk melakukan test terhadap ketahanan material terhadap *tracking*, *ageing* dan untuk mengetahui effect penambahan ATH filler pada polymer [7-10]. Namun metode pengabutan garam ini juga mempunyai kelemahan karena hasil eksperimen sangat dipengaruhi oleh tingkat *salinity* dari kabut yang digunakan, stress, dan juga sangat tergantung dari pengaturan ruang uji (tempat dan jarak sprayer terhadap sampel) [11]. Metode pengabutan uap air dilakukan dengan melumuri terlebih dahulu sample dengan polusi buatan yang terdiri dari Kaolin dan NaCl. Pelumuran sampel dengan polusi buatan juga memerlukan metode yang tepat sehingga lapisan polusi benar-benar merata dan mantap. Ada yang dengan mencelupkan dalam larutan polusi, menggosok permukaan sample terlebih dahulu maupun melumuri dengan bahan kimia [12], [14]. De La O et al [15] telah memperkenalkan metode pelapisan dengan melumuri sample dengan bedak kaolin terlebih dahulu, kemudian menyiramnya dengan air mengalir, selagi basah sampel dicelup kedalam larutan polusi sambil diputar sehingga semua permukaan terlapsi, kemudian diangkat dan dikeringkan. Metode ini lebih baik karena tidak akan merusak lapisan permukaan dari sampel polymer. Banyak metode pelumuran yang diperkenalkan karena dalam standar IEC-507 tidak memberikan secara spesifik metode pelumuran dan standar IEC-507 ini digunakan hanya untuk material keramik/porselen dan kaca. Sampai akhirnya CIGRE Task Force menerbitkan rekomendasi untuk *natural and artificial ageing and pollution testing for polymer insulator* [11] yang membebaskan peneliti untuk memilih metode pelumuran yang sesuai dengan tujuan dari tes yang dilakukan. Oleh karena itu penulis memilih menggunakan metode yang diperkenalkan oleh De La O [15] karena tidak merusak permukaan isolator dan tidak memerlukan peralatan khusus. Salt Deposit Density (SSD) yang dicapai adalah $\sim 0.2 \text{ mg/cm}^2$.

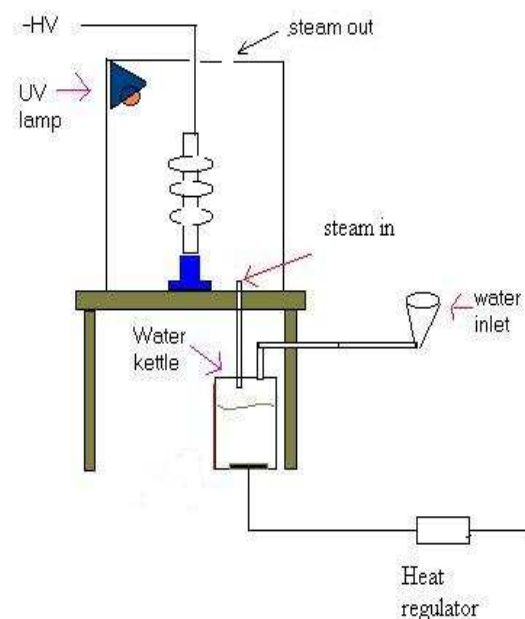
II. EKSPERIMEN

Eksperimen ini menggunakan 6 (enam) isolator polymer dari 3 (tiga) jenis polymer yang berbeda: Ethylene Phrophelene Diane Monomer (EPDM), Silicone Rubber (SiR), dan Silicone Rubber (SiR) yang berisi campuran bahan aluminium. Satu dari masing-masing jenis sampel dilumuri dengan bubuk polusi yang terbuat dari campuran

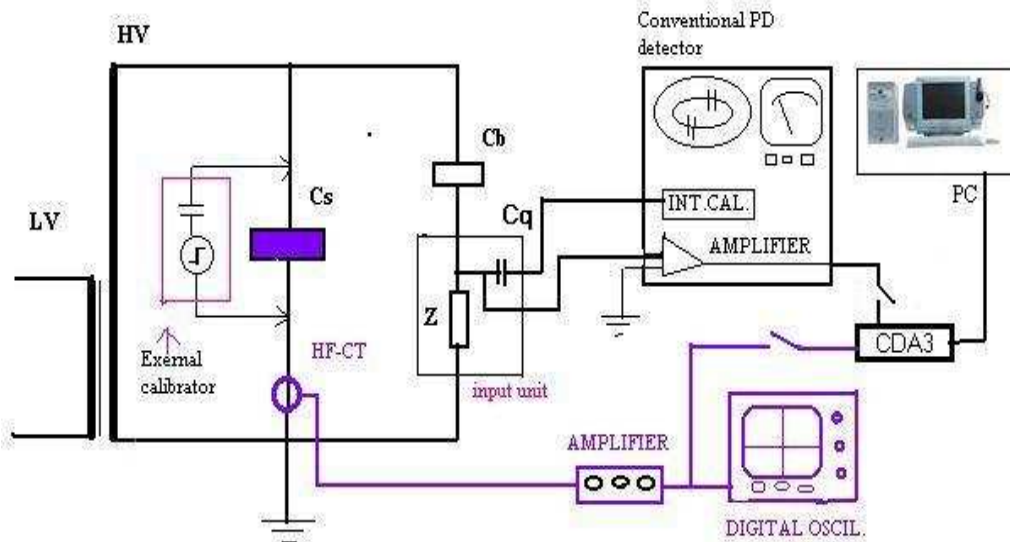
kaolin, garam dan air sesuai dengan Standar Internasional IEC-507 [5]. Sisa sampel dibiarkan dalam kondisi bersih atau tanpa polusi.

Eksperimen dilakukan pada sebuah ruang uji (chamber) kecil yang terbuat dari perpeks, jadi hanya satu sampel diletakan didalamnya pada setiap tes dilakukan. Sebuah lampu UV (Ultravitalux 300W) ditempatkan didalam ruangan diarahkan ke arah sampel. Kelembaban didapat dengan menginjeksikan uap air dengan sebanyak $\sim 100 \text{ mg/hr/m}^3$ selama 8 jam/hari, dilanjutkan dengan menyinari sampel dengan sinar ultra violet selama 16 jam/hari, sedangkan suhu didalam ruangan dijaga 25^0 - 36^0C . Kemudian tes dilakukan pada tegangan nominal secara terus menerus selama 7 hari. Sampel yang terkontaminasi maupun yang bersih di tes dengan cara yang sama. Skema pengaturan ruang uji yang digunakan diperlihatkan pada gambar 1.

Rangkaian pengukuran PD serta prosedur kalibrasi yang digunakan mengacu pada standar IEC-60270 [4]. Sinyal PD diukur dan disimpan setiap 5 menit dengan menggunakan sebuah sistem Computer Discharge Analyser (CDA3) yang dibuat di Laboratorium Tegangan Tinggi UNSW. Rangkaian pengukuran PD yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2. Grafik yang memperlihatkan PD maksimum dan jumlah terjadinya PD terhadap sudut fasa dari setiap sinyal PD ditampilkan untuk setiap fasa tegangan positif dan negatif. Hasil perhitungan distribusi statistik dari PD juga ditampilkan disebelah bentuk grafik PD. Kuantitatif data dari PD sesuai dengan IEC juga ditampilkan seperti : nilai maksimum, nilai rata-rata, daya serta arus dari PD juga ditampilkan. Selain itu CDA3 juga bisa menampilkan plot sebaran (scatter plot) dari PD dalam bentuk magnitude terhadap fasa.



Gambar 1. Skema pengaturan ruang uji yang digunakan



Gambar 2. Rangkaian pengukuran PD yang digunakan

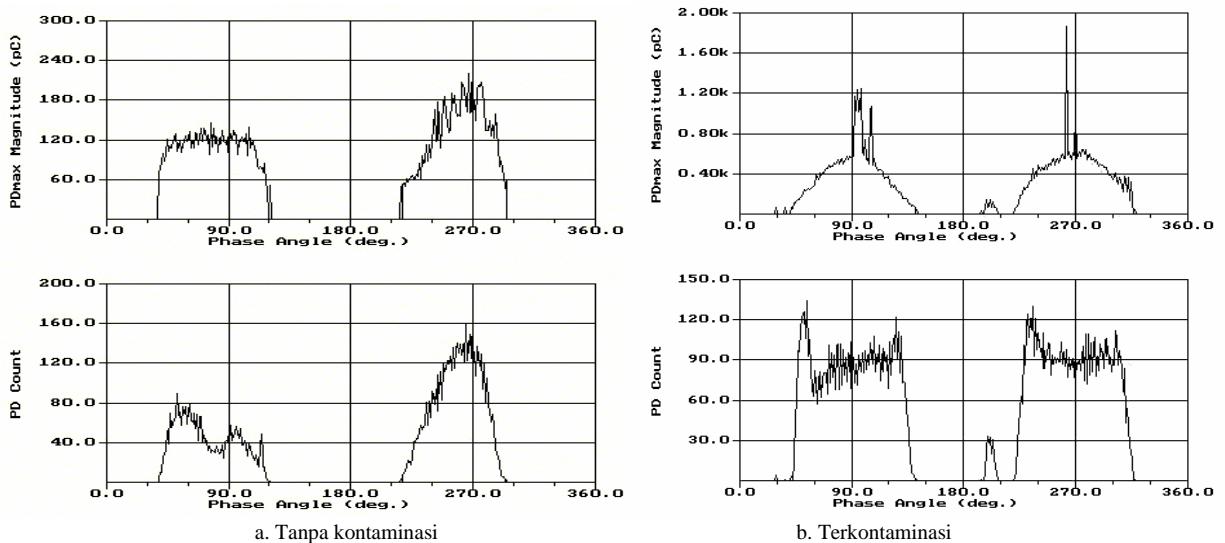
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk dan sifat PD

a. Arrester terbuat dari Silikon Rubber (SiR)

Dari tes yang dilakukan selama 8 hari terhadap arrester SiR tidak menunjukkan magnitude PD yang besar terhadap sudut fasa yang ditampilkan dalam grafik. Magnitude PD akan mulai dari magnitude kecil kemudian berangsur-angsur akan meningkat, namun peningkatannya tidak signifikan. PD kebanyakan terjadi sekitar su-

dut 90^0 dan 270^0 atau sekitar puncak tegangan fasa positif dan negatif seperti diperlihatkan pada gambar 3(a). Walaupun kenaikan besar magnitude PD yang tidak signifikan ternyata kerusakan pada permukaan isolator sekitar pinggiran sirip sudah terlihat. Ini disebabkan oleh terjadinya PD akibat tetesan air yang terakumulasi pada sisi pinggiran sirip sehingga kerusakan pada daerah ini lebih parah dari daerah lainnya pada sirip arrester.



Gambar 3. Grafik magnitude PD terhadap sudut fasa dari arrester SiR

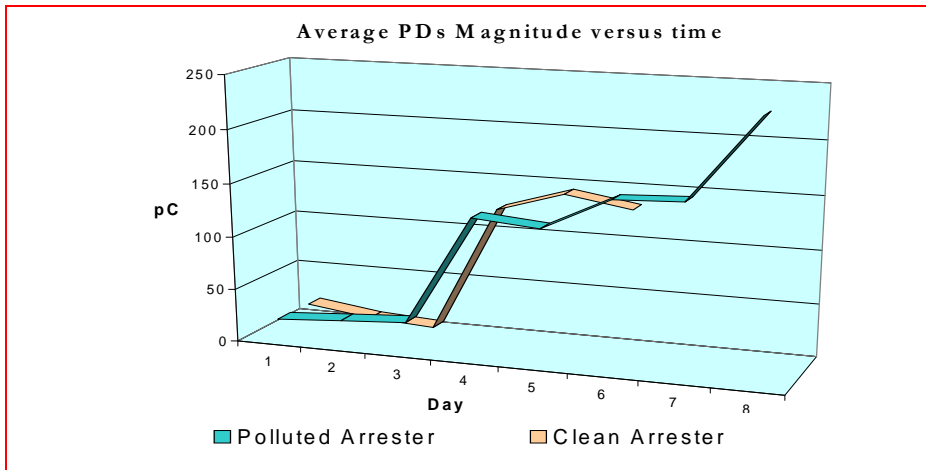
Untuk arrester SiR yang terkontaminasi menunjukkan bentuk grafik PD yang mirip dengan arrester SiR yang bersih, dimana PD lebih banyak terjadi disekitar puncak fasa positif dan negatif. Magnitude PD yang besarnya sekitar 1200 pC terjadi mulai hari ketiga seperti ditunjukkan pada gambar 3(b) menunjukkan process *treeing* telah mulai terjadi. Hal ini dikonfirmasi dengan melakukan observasi pada permukaan sirip arrester yang sudah memperlihatkan terbentuknya *tree*.

Nilai rata-rata dan arus PD untuk kedua kondisi baik yang tanpa kontaminasi maupun yang terkontaminasi menunjukkan peningkatan terhadap waktu. Grafik pada gambar 4 dan 5 menunjukkan hal tersebut. Se-

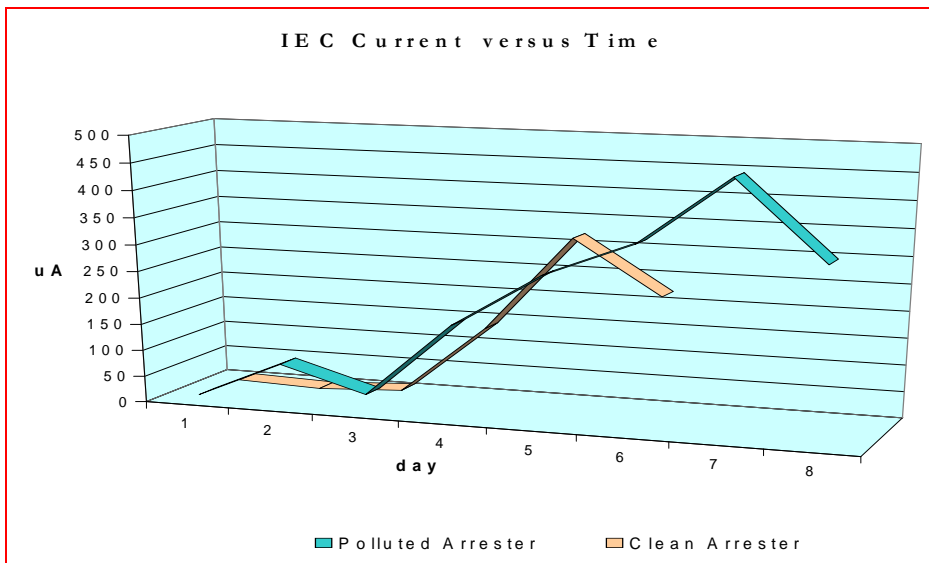
dangkan nilai maksimum PD dari arrester yang terkontaminasi menunjukkan kenaikan yang signifikan terhadap waktu dibandingkan dengan isolator yang bersih (gambar 6).

b. Isolator terbuat dari Silikon Rubber (SiR)

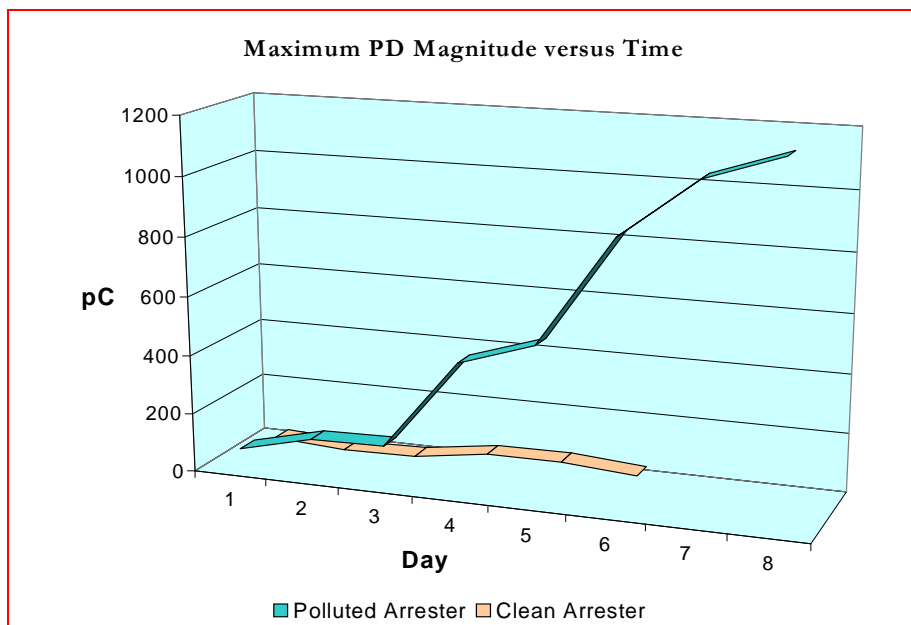
Isolator SiR yang tanpa kontaminasi tidak menunjukkan aktifitas PD yang besar, maksimum PD yang terjadi pada hari kedepanan hanya sekitar 100 pC dan muncul secara acak atau tidak terjadi pada sekitar puncak fasa positif dan negatif seperti halnya pada isolator yang terkontaminasi (gambar 7



Gambar 4. Nilai rata-rata PD terhadap waktu dari arrester SiR



Gambar 5. Arus PD terhadap waktu dari arrester SiR

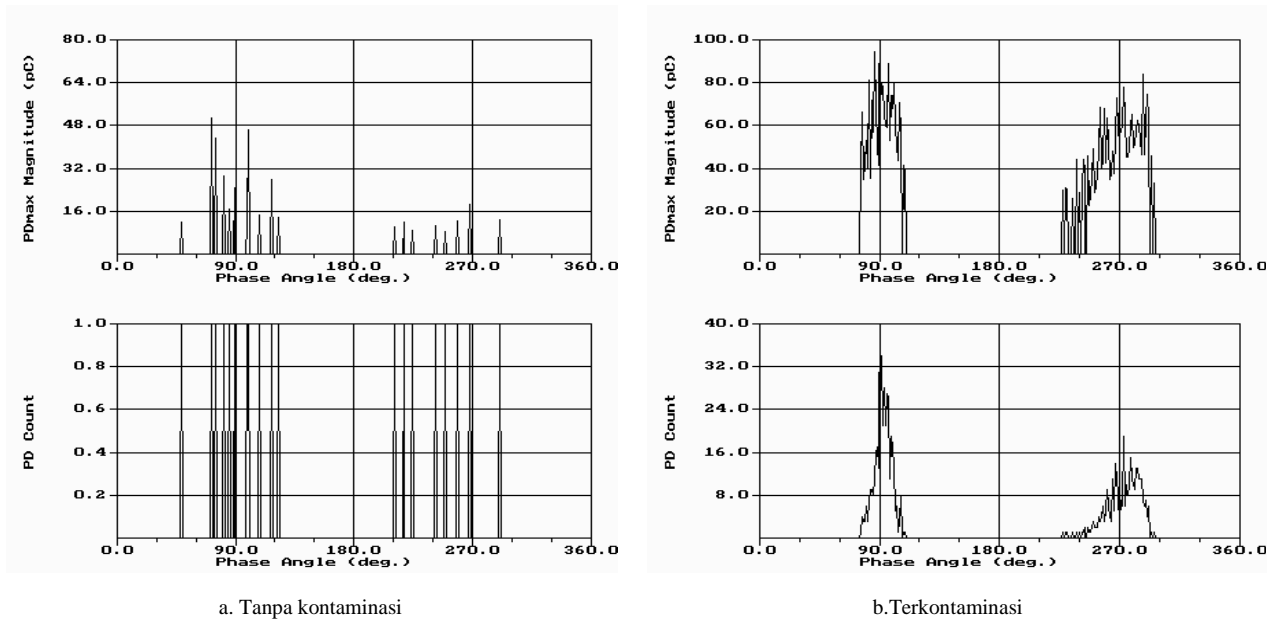


Gambar 6. Nilai maksimum PD terhadap waktu dari arrester SiR

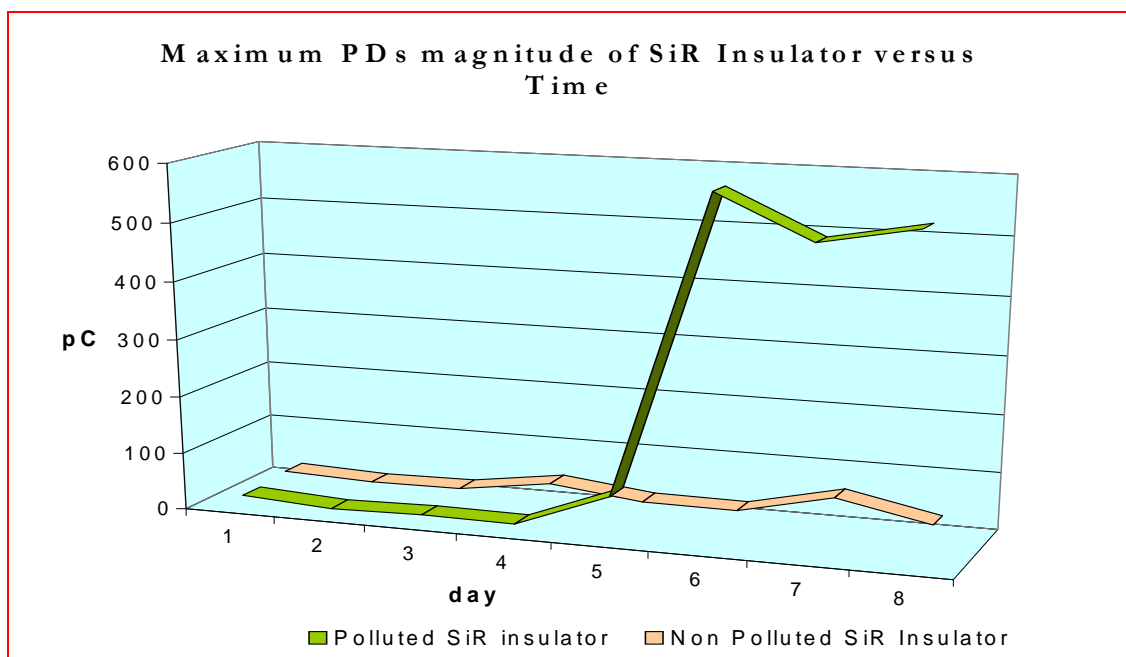
(a) dan (b)). Nilai maksimum PD pada isolator yang terkontaminasi menunjukkan kenaikan yang signifikan pada hari keenam kemudian tetap pada sekitar nilai maksimum tersebut pada hari berikutnya. Hal ini ditunjukkan pada gambar 8.

Nilai rata-rata dan arus PD menunjukkan perubahan yang tidak jauh berbeda satu sama lainnya seperti ditunjukkan pada grafik pada gambar 9 dan gambar 10. Isolator dengan bahan Silikon Rubber (SiR) ini memperlihatkan ketahanan yang bagus terhadap *electrical discharge* dibandingkan dengan material pada arrester diatas. Hal ini dikonfirmasi dengan kondisi permukaan yang tidak rusak setelah dibombardir dengan PD yang besar.

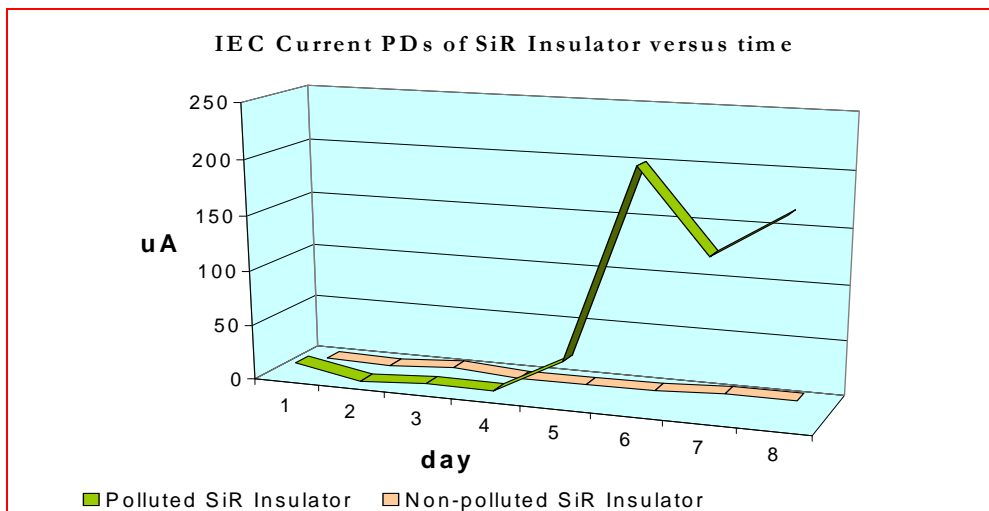
PD dari isolator dan arrester SiR tanpa kontaminasi menunjukkan sifat-sifat atau kelakuan yang berbeda, namun untuk yang terkontaminasi dengan polusi garam baik isolator maupun arrester menunjukkan sifat-sifat atau kelakuan PD yang sama. Hal ini seperti disebabkan oleh perbedaan konsentrasi *filler* dan mungkin juga disebabkan oleh proses pembuatan yang berbeda. Walaupun penyebab dari perbedaan reaksi oleh kedua material yang dites tidak dapat dijelaskan secara tepat, namun perbedaan dari bentuk PD telah menunjukkan sensitifitas dari karakteristik PD pada properti dari material yang berbeda. Hal ini menunjukkan diagnosa ini cukup sensitif untuk dapat dipakai pada monitoring kondisi isolator.



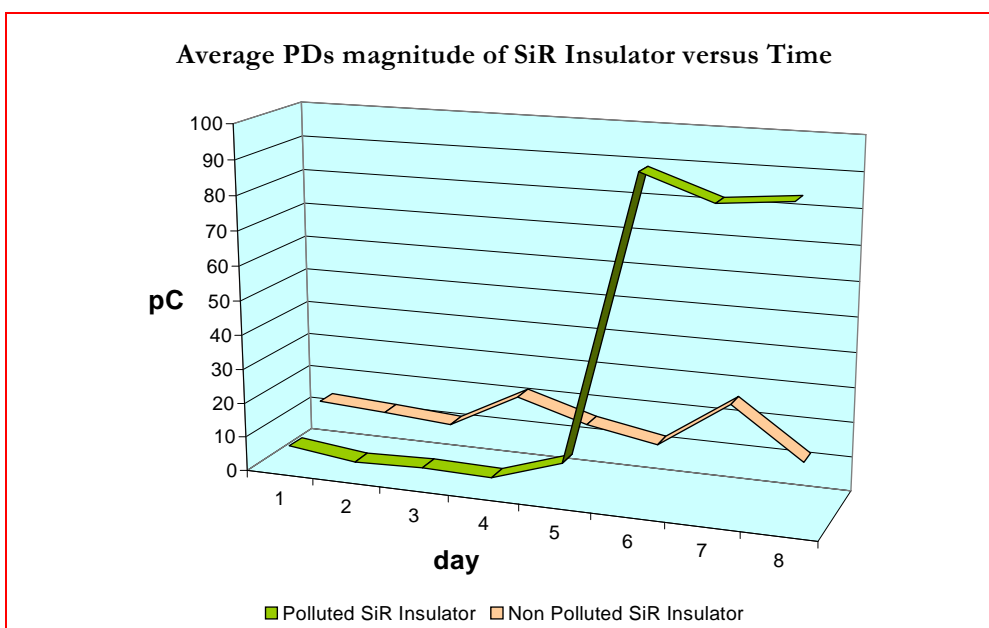
Gambar 7. Grafik magnitudo PD terhadap sudut fasa dari isolator SiR



Gambar 8. Nilai maksimum PD terhadap waktu dari isolator SiR



Gambar 9. Arus PD terhadap waktu dari isolator SiR



Gambar 10. Nilai rata-rata PD terhadap waktu dari isolator SiR

c. Isolator terbuat dari Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM)

Isolator EPDM dalam kondisi tanpa kontaminasi menunjukkan aktifitas PD sejak hari pertama dilakukan tes. Bentuk yang simetri ditunjukkan pada grafik PD terhadap sudut fasa seperti terlihat pada gambar 11(a). Distribusi dari magnitudo PD pada sisi fasa positif dan fasa negatif menunjukkan perbedaan yang sangat kecil, namun perlu dicatat jumlah PD yang terjadi di kedua fasa berbeda.

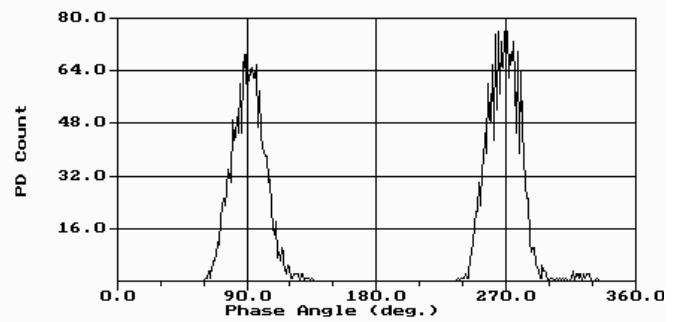
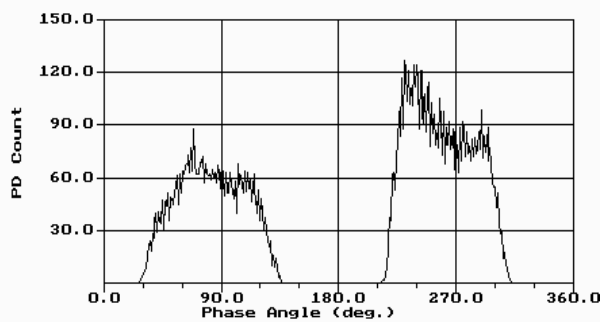
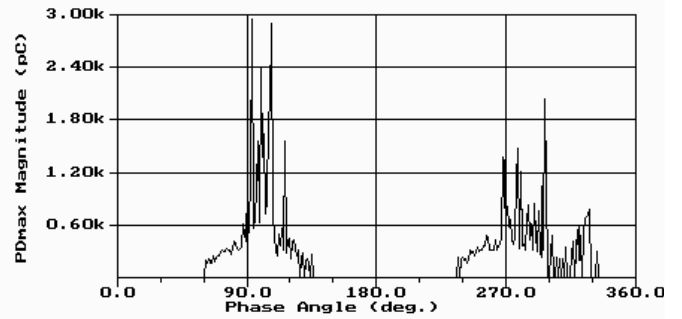
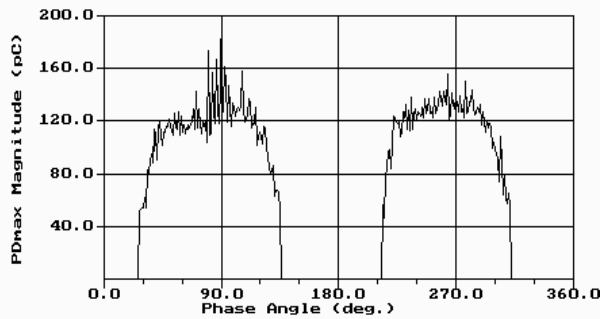
Isolator EPDM yang terkontaminasi dengan polusi garam menunjukkan magnitudo PD yang jauh lebih besar daripada isolator yang bersih. Perbandingan ini ditunjukkan pada gambar 11(a) dan 11(b) (Catatan: skala yang digunakan berbeda). Hal menarik yang perlu diperhatikan adanya perbedaan magnitudo PD yang cukup besar pada sisi fasa positif dan negatif pada isolator yang terkontaminasi, namun bentuk yang sama pada grafik jumlah PD. Hal ini menunjukkan polusi tidak merubah jumlah PD yang terjadi tetapi merubah magnitudo PD. Polusi juga sudah menyebabkan penurunan

tegangan tembus (*breakdown voltage*) dari isolator EPDM sehingga test PD tidak dapat dilakukan pada tegangan yang sama dengan isolator yang tanpa kontaminasi.

Isolator EPDM tanpa kontaminasi menunjukkan perubahan yang sangat kecil pada nilai maksimum PD terhadap waktu sebaliknya isolator yang terkontaminasi menunjukkan perubahan yang sangat besar seperti ditunjukkan pada gambar 12. Nilai maksimum PD untuk isolator yang terkontaminasi sejak hari pertama sudah menunjukkan nilai yang sangat tinggi dibandingkan dengan isolator yang tanpa kontaminasi walaupun tegangan yang digunakan jauh lebih kecil. Material EPDM yang dipakai sirip dari isolator memiliki ketahanan yang sangat bagus terhadap *electrical discharge*, hal ini dibuktikan dengan tidak terlihat adanya kerusakan yang berarti pada permukaan isolator. Namun tidak dianjurkan untuk memakai isolator dengan material EPDM ini pada daerah yang polusinya tinggi mengingat rendahnya tegangan tembus yang terjadi.

Arus PD yang terjadi pada isolator yang tanpa kontaminasi nilainya hampir tetap selama tes dilakukan yaitu sekitar 190 μ A. Sebaliknya pada isolator yang terkontaminasi terjadi kenaikan yang sangat signifikan pada arus PD yang terjadi selama tes berlangsung seperti ditunjukkan pada gambar 13. Demikian juga hal-

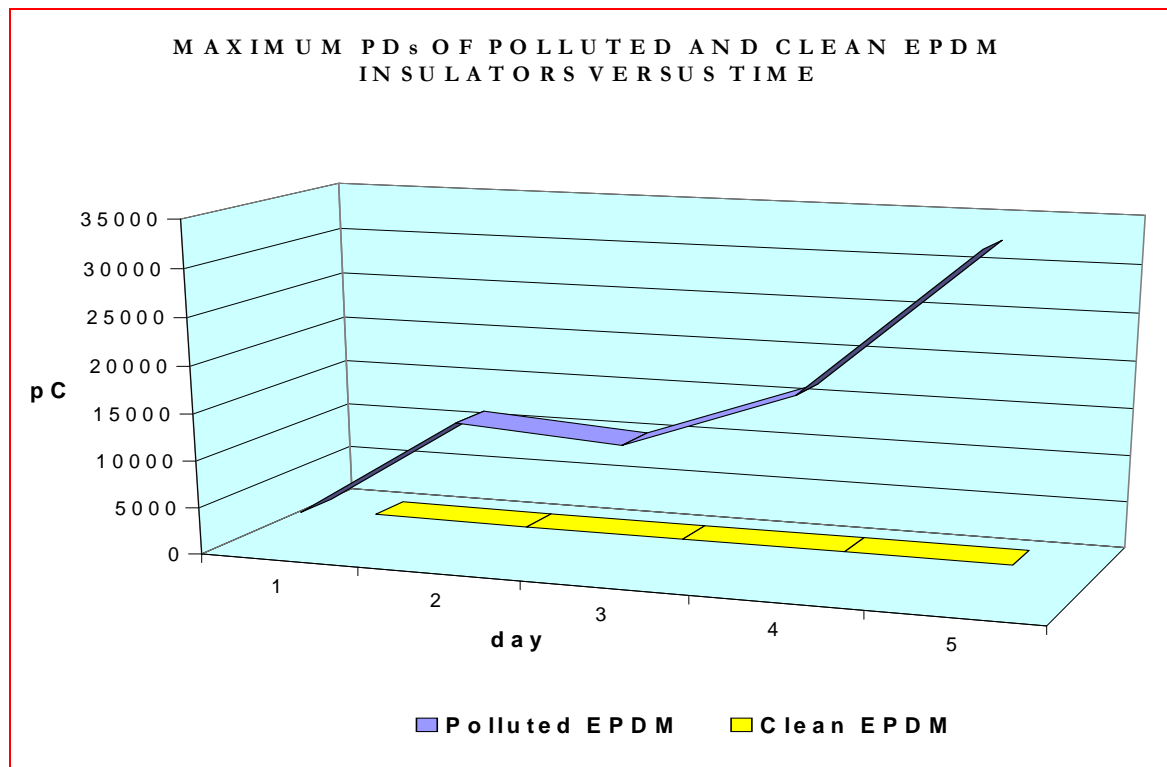
nya dengan rata-rata magnitude PD pada isolator yang terkontaminasi mengalami kenaikan yang signifikan sedangkan untuk isolator tanpa kontaminasi hampir tidak ada perubahan seperti ditunjukkan pada gambar 14.



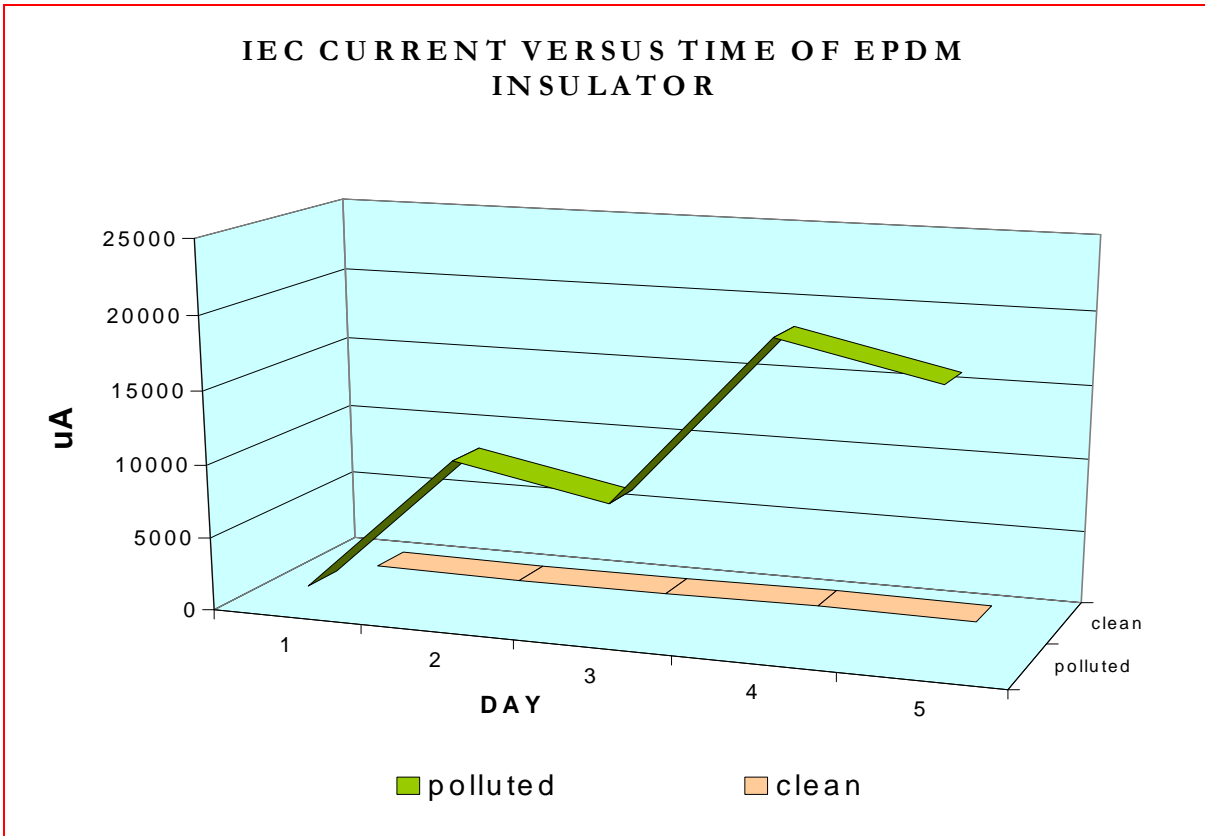
a. Tanpa kontaminasi

b. Terkontaminasi

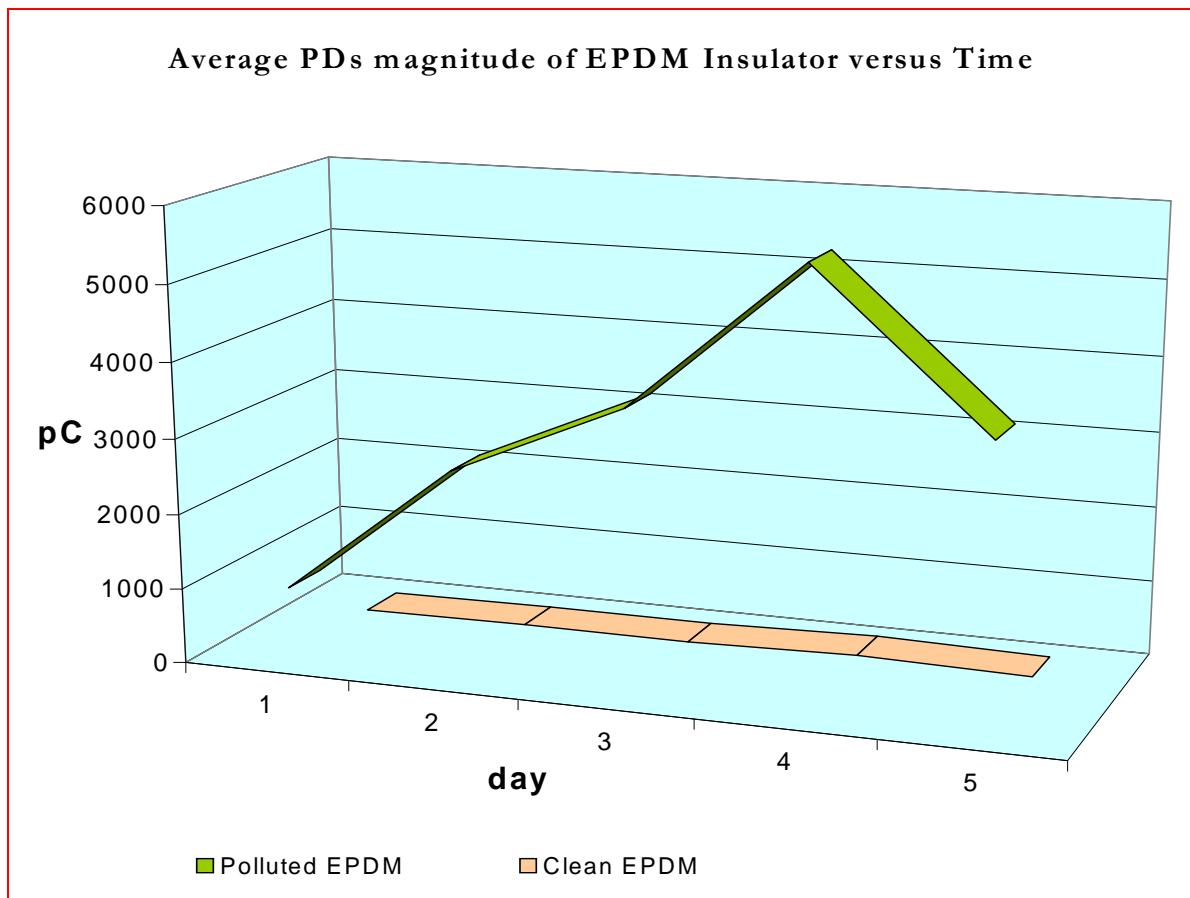
Gambar 11. Grafik magnitude PD terhadap sudut fasa dari isolator EPDM pada hari pertama



Gambar 12. Grafik nilai maksimum PD terhadap waktu dari isolator EPDM



Gambar 13. Grafik dari arus PD terhadap waktu dari isolator EPDM



Gambar 14. Grafik dari nilai rata-rata PD terhadap waktu dari isolator EPDM

B. Distribusi Statistik PD

Grafik dari magnitude PD terhadap sudut fasa kebanyakan menunjukkan distribusi Gaussian yang normal, yaitu mempunyai tendensi mengumpul pada satu titik. Hal ini membuat analisa secara statistik menjadi mungkin untuk dilakukan [4] agar didapat informasi yang lebih banyak. Dengan asumsi fungsi distribusi diskrit $y = f(x_i)$, dimana $i = 1, 2, 3, \dots, n$, maka momen atau urutan waktu yang merepresentasi distribusi pada fasa positif maupun fasa negatif dapat dihitung [6].

Momen pertama adalah **Mean** (μ) yang merupakan dimensi kuantitatif yang memberikan nilai tengah dari kumpulan distribusi [$f(x_i)$] pada setiap fasa. Ini ditunjukkan sebagai [4] :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot f(x_i)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)} \quad (1)$$

Nilai 'mean' dari fasa mempunyai unit yang sama x_i yaitu derajat (0). Pada CDA3 nilai 'mean' dihitung secara terpisah untuk setiap fasa. Sebuah distribusi PD yang terkumpul pada puncak fasa positif akan mempunyai nilai 'mean' 90^0 .

Momen kedua adalah **Standar Defiasi** (σ) dari distribusi PD [$f(x_i)$] yang merupakan lebar dari distribusi sekitar nilai 'mean' (0) dari distribusi tersebut. Unit yang digunakan sama dengan 'mean'. Standar defiasi (σ) diekspresikan sebagai :

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \cdot f(x_i)}{\sum_{i=1}^n f(x_i)} \quad (2)$$

Momen ketiga adalah **Skewness** (Sk) adalah merupakan tingkat ketidaksimetrian (asimetri) dari distribusi PD. **Skewness** (Sk) merupakan besaran tanpa satuan yang di ekspresikan sebagai :

$$Sk = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3 \cdot f(x_i)}{\sigma^3 \cdot \sum_{i=1}^n f(x_i)} \quad (3)$$

Sebuah distribusi yang simetri ditunjukkan dengan nilai *skewness* $s = 0$. Nilai *skewness* yang positif mengindikasikan distribusi yang tidak simetri (asimetri) dengan ekor yang memanjang kekanan kearah nilai ' σ ' yang makin besar. Sebaliknya distribusi tidak simetri dengan ekor memanjang ke kiri kearah nilai ' σ ' yang makin kecil mengindikasikan nilai *skewness* negatif.

Momen keempat adalah **Kurtosis** (Ku) dari $f(x_i)$ yang merupakan besaran tanpa satuan yang menunjukkan tingkat keruncingan atau ketumpulan dari sebuah distribusi terhadap distribusi Gaussian yang normal. **Kurtosis** (Ku) diekspresikan sebagai :

$$Ku = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4 \cdot f(x_i)}{\sigma^4 \cdot \sum_{i=1}^n f(x_i)} - 3,0 \quad (4)$$

Nilai *kurtosis* adalah 0 untuk distribusi normal, nilai positif menunjukkan distribusi yang lebih tajam terhadap distribusi normal sebaliknya nilai negatif menunjukkan distribusi yang lebih tumpul dari distribusi normal.

Nilai 'mean' untuk arrester SiR baik yang bersih maupun terkontaminasi dan untuk isolator EPDM yang menunjukkan posisi terjadinya maksimum PD pada sekitar puncak fasa positif dan negatif dari tegangan. Namun nilai 'mean' dari isolator SiR bergerak terhadap waktu dari sebelum puncak kearah sekitar puncak fasa tegangan. Nilai 'skewness' dari semua material dalam kondisi terkontaminasi adalah lebih negatif dari material dalam kondisi bersih terutama pada fasa negatif.

Suatu hal yang menarik terjadi pada nilai 'kurtosis' di fasa negatif untuk semua material pada hari keempat. Untuk arrester SiR nilai 'kurtosis' berubah dari negatif menjadi positif pada hari keempat dan tetap positif dihari berikutnya. Sedangkan untuk isolator SiR nilai 'kurtosis' berubah menjadi lebih positif pada hari keempat tetapi berubah menjadi negatif lagi pada hari berikutnya seperti ditunjukkan pada gambar 15. Perubahan ini bisa diasosiasikan dengan terjadinya penyembuhan sendiri (*self healing*) atau pengembalian tingkat hydrophobisitas dari isolator SiR, sedangkan untuk arrester SiR hal ini tidak terjadi sehingga proses kerusakan terus terjadi. Hal ini dibuktikan dengan terlihatnya 'electrical tree' pada permukaan arrester, sedangkan pada isolator tidak ditemukan.

Distribusi statistik telah memberikan data kuantitatif dari PD yang dapat diasosiasikan kepada kondisi dari isolator. Perubahan distribusi statistik dapat diasosiasikan sebagai perubahan dari kondisi isolator.

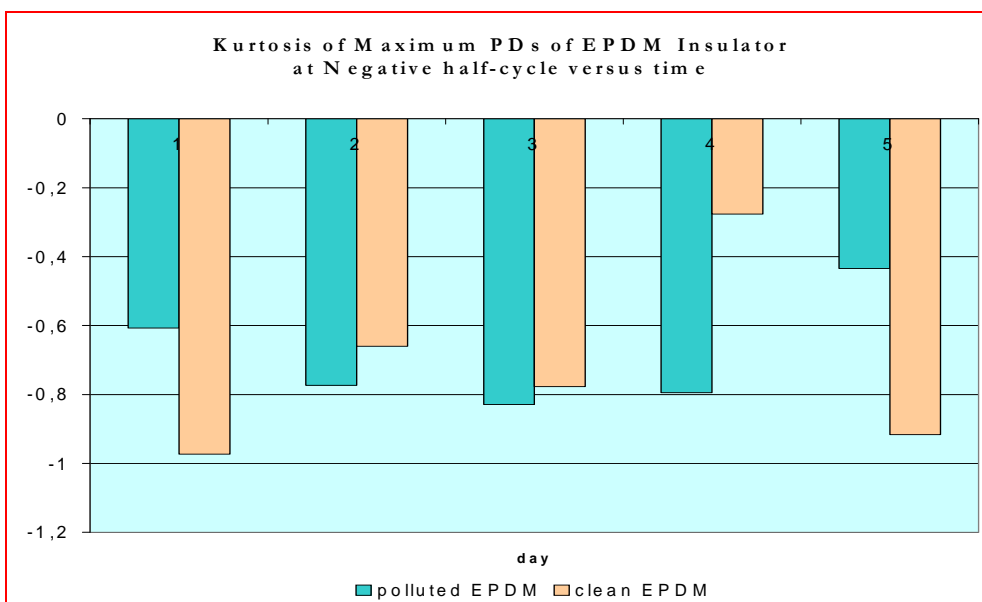
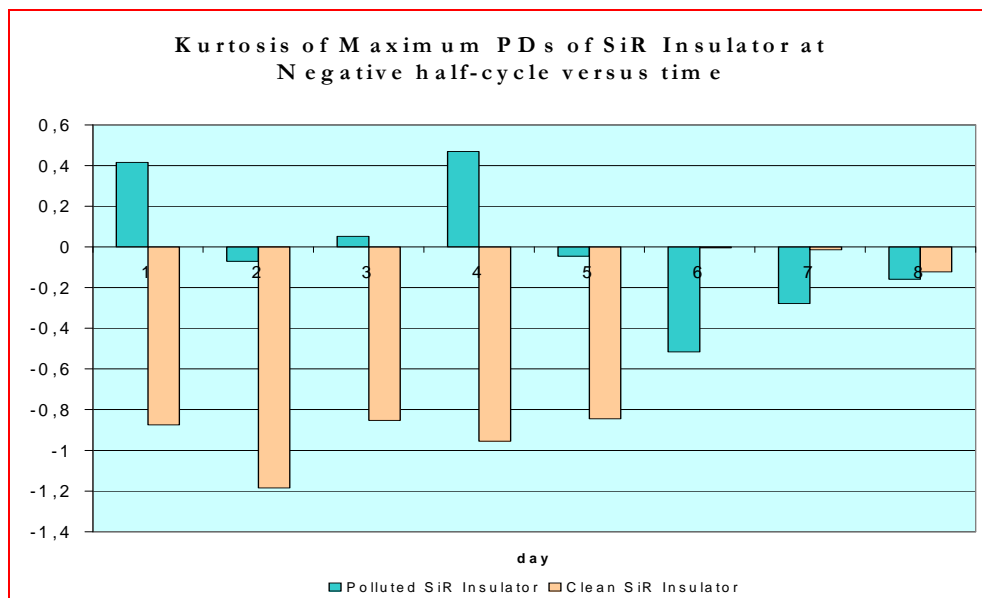
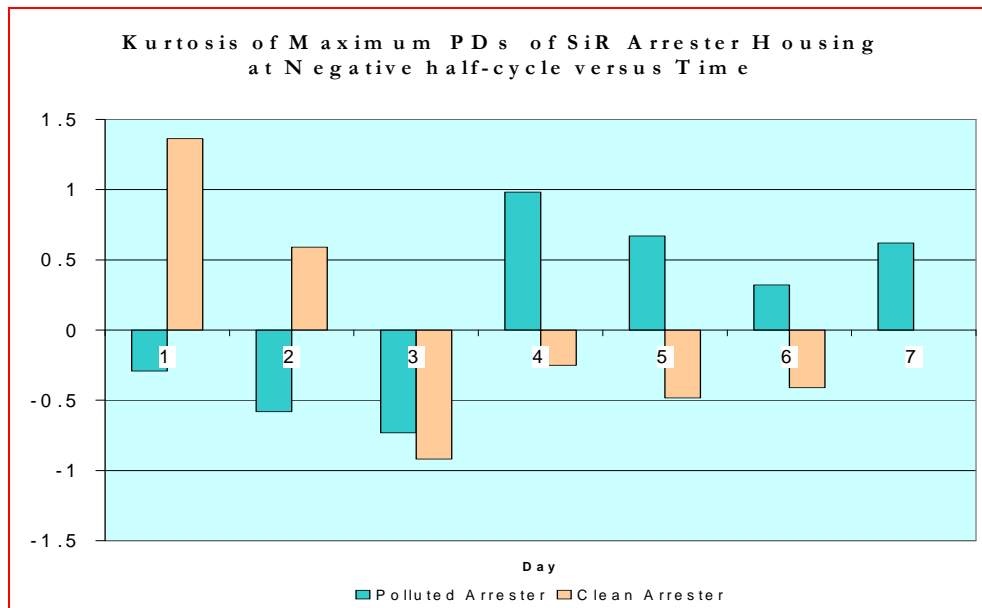
C. Plot sebaran (Scatter plot)

Plot sebaran dari terjadinya PD merupakan salah satu alternatif untuk memvisualisasikan bentuk PD yang merupakan gambar 2 dimensi (2D) presentasi dari $n-q-\sigma$ berdasarkan pada $q-\sigma$ polar plot yang diperkenalkan pertamakalinya pada tahun 1968. Plot sebaran yang dihasilkan oleh sistem CDA3 yang kami pakai adalah plot 2 dimensi (2D) dari PD pada fasa positif dan negatif dimana setiap PD ditunjukkan sebagai sebuah titik sehingga satu titik merepresentasikan satu PD. Kerapatan titik menunjukkan frekwensi atau jumlah terjadinya PD.

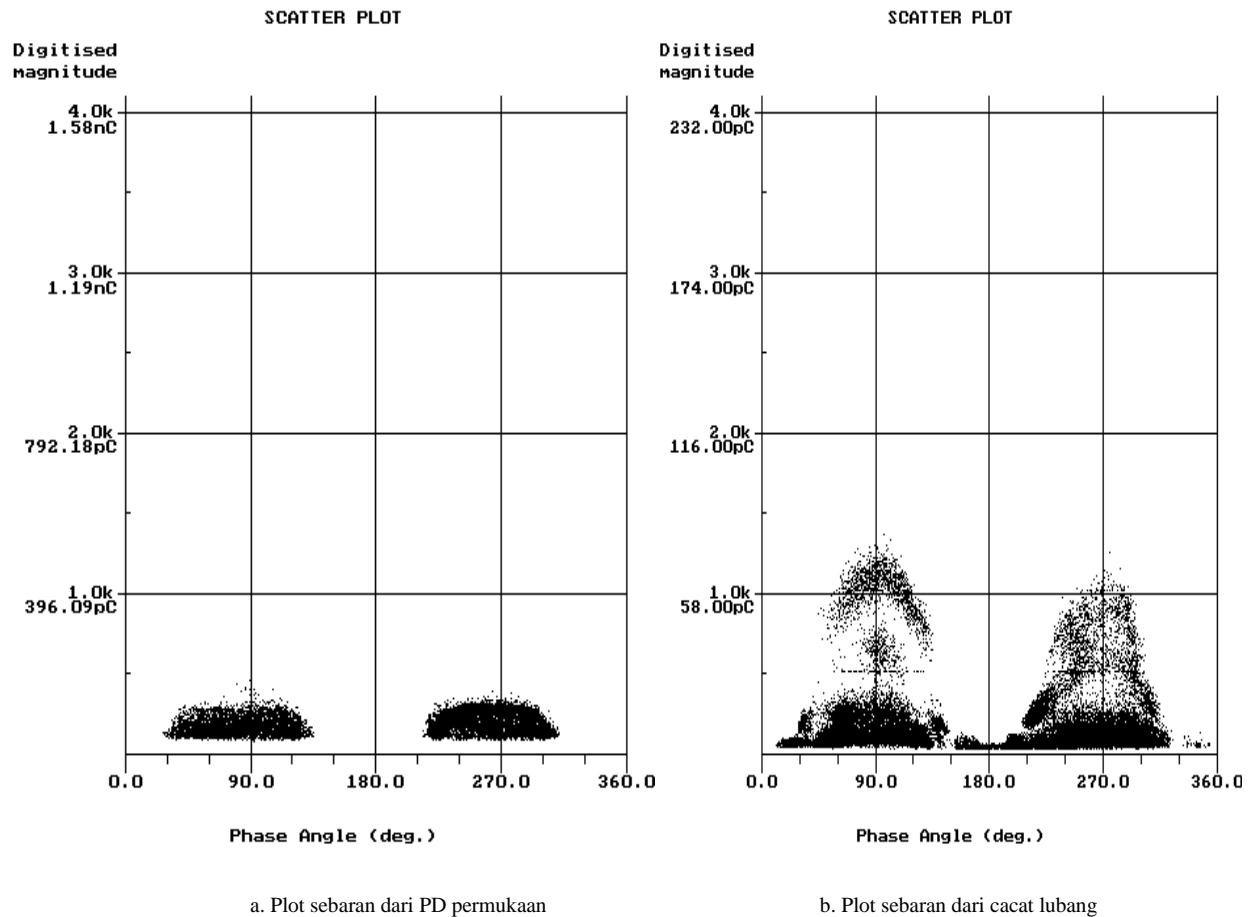
Plot sebaran memberikan visualisasi dari PD berbagai tipe yang terjadi dengan lebih baik. PD pada permukaan (*surface discharge*) ditunjukkan dengan bentuk yang simetri terkumpul disekitar puncak fasa positif dan negatif seperti ditemukan pada kasus arrester yang tanpa kontaminasi. Hal ini ditunjukkan pada gambar 16(a). Plot sebaran dari cacat berupa celah (*void*) ditunjukkan dengan bentuk menyerupai lapisan (*sandwich*). Merujuk pada identifikasi plot sebaran oleh Phung[3] maka kumpulan pada lapisan atas identik dengan plot sebaran dari cacat celah bola pada saat permulaan terjadinya PD dan bagian bawah lapisan identik dengan plot sebaran dari PD pada celah yang dikelilingi elektroda seperti ditunjukkan pada gambar 16(b).

Walaupun plot sebaran PD hanya dapat memberikan informasi aktifitas PD secara kualitatif, namun hal ini sa-

ngat efektif untuk merepresentasinya bentuk PD dan sa ngat sensitif terhadap berbagai aktifitas PD yang berbeda.



Gambar 15. Kurtosis PD maksimum dari arrester SiR, isolator SiR dan isolator EPDM



Gambar 16. Plot sebaran PD

IV. KESIMPULAN

Bentuk dan karakteristik yang spesifik dari nilai maksimum PD dan nilai rata-rata PD yang ditunjukkan dalam grafik magnitude PD terhadap sudut fasa didapat dari semua bahan isolator dalam kondisi terkontaminasi. Analisa statistik terutama momen keempat 'kurtosis' dari distribusi PD memberikan data kuantitatif dalam identifikasi dari kondisi permukaan isolator. Yang perlu dicatat adalah kenaikan nilai magnitude PD dan arus PD tidak langsung menunjukkan kerusakan pada permukaan isolator.

Identifikasi kondisi permukaan isolator dengan menggunakan plot sebaran dapat memberikan hasil kualitatif yang bagus untuk membedakan tipe PD yang terjadi dalam process degradasi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan teknik pengukuran Partial Discharge (PD) dalam monitoring kondisi isolator terutama yang terbuat dari polymer mempunyai potensi yang bagus untuk digunakan karena dapat memberikan data kualitatif maupun kuantitatif.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [11] Looms, J.S.T., *Insulators for high voltages*. IEE power engineering series ; no. 7. , London: Peter Peregrinus. 276p. 1988.
- [12] Gorur, R.S., Cherney,E.A., Burnham, J.T., *Outdoor Insulators*, USA: Ravi S. Gorur,Inc., Phoenix, Arizona. 1999.
- [13] Seltzer-Grant, M. Mackinlay, R. Renforth, L. Shuttleworth, R. , *New techniques for on-line partial discharge testing of solid-insulated outdoor MV and HV plant*, Universities Power Engineering Conference. UPEC 2007. 42nd International, 4-6 Sept.2007, page(s): 486-489, Brighton, 2007.
- [14] *High-Voltage test techniques - Partial Discharge Measurement*. International Electrotechnical Commissions Standard IEC 60270, Publication 2000.
- [15] International Standard IEC507," Artificial Pollution test on high voltage insulators to be used on ac system", second edition 1991
- [16] Phung, B.T., *Computer-based Partial Discharge Detection and Characterisation*, in *School of Electrical Engineering*. The University of New South Wales: Sydney. 1997.
- [17] Fujishima, T., Yamashita,T., Matsuo,H., Harada,S. *Estimation of Equivalent Salt Deposit Density from Measurement of Leakage Impedance of an Insulator under Saltwater Spray*. in *10th International Symposium on HV Engineering*. 1997.
- [18] Gorur, R.S., Montesinos, J.,Varadesikan, L.,Simmons, S.,Shah, M., *Laboratory test for tracking and erosion resistance of HV outdoor insulation*. IEEE Transactions on Dielectrics & Electrical Insulation. **Vol.4**(No.6): p. 767-774. 1997.
- [19] Gorur, R.S., Cherney, E. A.,Hackam, R.,Orbeck, T., *Electrical Performance of Polymeric Insulating Materials under Accelerated Aging in a Fog Chamber*. IEEE Trans.on Power Delivery, October 1988. **Vol.3**(No.4): p. 1892-1902. 1988.
- [20] Deng, H., Cherney,E.A., Hackam,R. *Effects of Particles size of ATH Filler on the Performance of RTV Rubber Coatings*. in *Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*. October 1993.
- [21] CIGRE, *Task Force 33.04.07: Natural and Artificial Ageing and Pollution Testing of Polymeric Insulators*, in *Report No.142*. June1999.
- [22] Young, H.M., et al. *Clean fog pollution tests on polymeric insulators: a comparative study*. in *Proceedings of the 1997 32nd Universities Power Engineering Conference, UPEC'97*. Part 2 (of 2): Proceedings of the Universities Power Engineering Conference. v 2. Technological Educational Institute, Iraklio, Greece. 1997.

- [23] Gorur, R.S., et al., *Protective coatings for improving contamination performance of outdoor high voltage ceramic insulators*. IEEE Transactions on Power Delivery. **Vol.10**(No.2): p. 924-931. 1995.
- [24] Sebo, S.A. and T.B. Zhao, *Utilization of fog chambers for non-ceramic outdoor insulator evaluation*. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. **Vol.6**(No.5): p. 676-687. 1999.
- [25] De La O, A., R.S. Gorur, and J. Chang, *Ac Clean Fog Tests on Non-Ceramic Insulating Materials and a Comparison with Porcelain*. IEEE Transactions on Power Delivery. **Vol.9**(No.4): p. 2000-2008. 1994.