

Studi Pengukuran *Partial Discharge* Pada Bahan Resin Epoksi

Abdul Syakur
Winarko Ap
Hamzah Berahim
Sarjiya
Rochmadi

Abstract : Polimer materials now have been broadly used for high voltage isolation device. After long operation the polimer isolation can have degradation or decreasing in isolation quality until it became improper isolation. One main caused about this degradation is the deformity for instance the pointed conductor between the conductor to isolation interface that could make the partial discharge. Therefore is so important to have the information about the partial discharge characteristics of isolation material at operational condition. In this paper the research about the influences of voltage and application time of voltage to partial discharge characteristics was explained . This research used the epoxy resin for isolation and needle-plane electrode measurement method with 50 Hz ac voltage to investigate the partial discharge parameters such as the number of positive and negative charge and the maximum charge of positive and negative.

Kata kunci : partial discharge, resin epoksi, elektroda jarum-bidang.

Material polimer sekarang ini telah digunakan secara luas sebagai isolasi peralatan tegangan tinggi karena mempunyai banyak keunggulan dibanding dengan material lain. Beberapa faktor yang berpengaruh pada performansi material isolasi polimer adalah cacat (*defect*). Cacat itu dapat timbul dalam bentuk *void*, ketidakmurnian (*impurities*), dan tonjolan (*protrusion*) pada permukaan (*interface*) antara lapisan semikonduktor atau konduktor dan isolasi polimer sehingga dapat meninggikan tekanan (stress) medan listrik yang tinggi pada bagian yang cacat tersebut. Dalam pemakaiannya akibat adanya stress listrik yang terus-menerus maka akan terjadi penuaan (*aging*) isolasi polimer dan pada cacat tersebut akan timbul dan tumbuh *electrical treeing* yang disertai dengan munculnya peristiwa *partial discharge* (PD) dalam material isolasi polimer yang merupakan awal terjadinya *breakdown* pada isolasi polimer.

Analisis *partial discharge* berguna untuk mendiagnosis tingkat degradasi polimer. Fenomena *pre-breakdown* dapat dideteksi dengan pengamatan dan pengukuran pulsa *partial discharge*. Studi mengenai pengukuran *partial discharge* menyatakan bahwa PD sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, gas yang mengisi rongga serta tekanan, kelembaban, dan temperatur. Disebutkan pula bahwa muatan maksimum secara umum semakin tinggi dengan semakin tingginya tegangan yang diterapkan, kelembaban, dan temperatur.

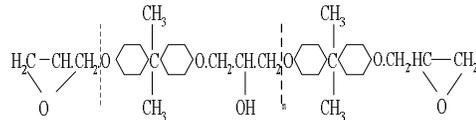
Salah satu material isolasi polimer adalah resin epoksi yang secara luas digunakan sebagai isolasi pada banyak peralatan listrik karena material ini mempunyai karakteristik listrik dan mekanik yang sangat baik.

Abdul Syakur (syakur@elektro.ft.undip.ac.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275
Winarko AP adalah mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275

METODE PENELITIAN

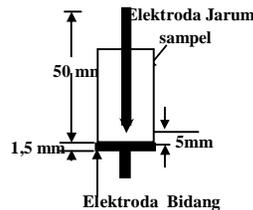
Sampel dan Elektroda

Resin epoksi adalah kombinasi dari bisphenol A dan epichlorohydrin yang mempunyai formasi dari rentetan polimer, yang mengandung dua kelompok reaktif epoxide dan hydroxyl. Bentuk kimia resin epoksi dapat dilihat pada gambar 1.



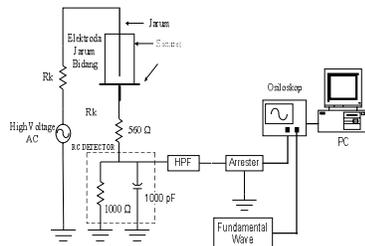
Gambar 1. Persamaan kimia Resin Epoksi

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda jarum-bidang. Elektroda jarum dengan panjang 50 mm, diameter jarum 1 mm dan radius kurvatur dari ujung jarum adalah 3 μm. Jarum terbuat dari baja dan ditusukkan ke dalam material polimer epoksi resin. Untuk elektroda bidang memiliki ukuran 25x10 mm dengan ketebalan 1,5 mm terbuat dari alumunium. Jarak antara elektroda jarum dan elektroda bidang adalah 5 mm.



Gambar 2. Sampel dengan elektroda jarum-bidang Sistem Pengukuran

Pengukuran *partial discharge* (PD) dengan sistem elektroda jarum-bidang, elektroda jarum dihubungkan dengan tegangan tinggi AC (50 Hz) yaitu 22 kVrms, 24 kVrms, dan 26 kVrms, sedangkan elektroda bidang dihubungkan dengan sisi tegangan rendah. Saat pengukuran sampel ditempatkan di dalam chamber yang berisi minyak isolasi. Rangkaian pengukuran PD ditunjukkan seperti pada gambar 3 berikut ini.



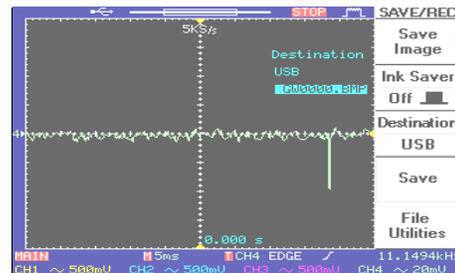
Gambar 3. Rangkaian pengukuran PD

PD yang muncul dideteksi dengan menggunakan detektor PD. Untuk mendapatkan sensitivitas yang baik, dapat dilakukan dengan mengatur besarnya R dan C pada detektor PD. Fungsi detektor PD ini adalah sebagai integrator. Sehingga output dari detektor PD ini adalah berupa integrasi dari gelombang arus PD sebagai fungsi waktu, dengan demikian tegangan output ini sebanding dengan muatan PD dan dinyatakan dengan :

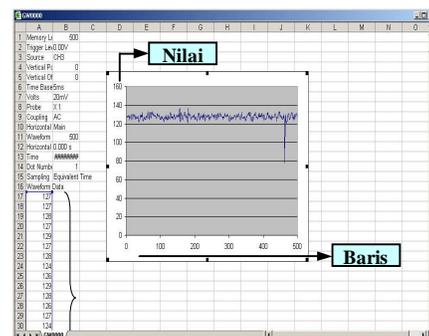
$$V_{out} \sim q$$

Hasil Pengukuran

Pulsa-pulsa PD selama pengukuran berlangsung dapat diamati pada osiloskop digital GDS 2104 yang memiliki 4 channel dengan *bandwidth* 200 Mhz, laju *sampling* maksimum per channel 1 GS/s. Pengambilan data dilakukan dengan menyimpan data dengan alat bantu *flashdisk*, sehingga perekaman data tidak dilakukan secara simultan. Selanjutnya data hasil pengukuran diolah dengan bantuan *software Microsoft Excell*.



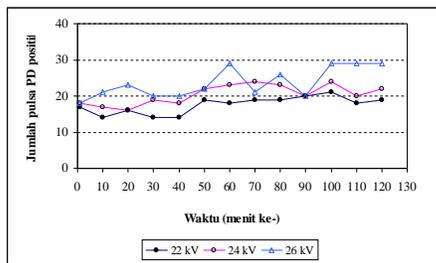
Gambar 4. Tampilan pulsa PD pada layar Osiloskop GDS 2104



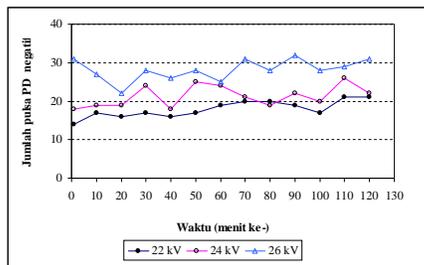
Gambar 5. Tampilan data pulsa PD

Analisis dan Pembahasan Karakteristik Jumlah Pulsa PD

Karakteristik jumlah pulsa PD terhadap waktu pada tegangan yang berbeda ditunjukkan pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Karakteristik Jumlah pulsa PD positif terhadap waktu



Gambar 7. Karakteristik Jumlah pulsa PD negatif terhadap waktu

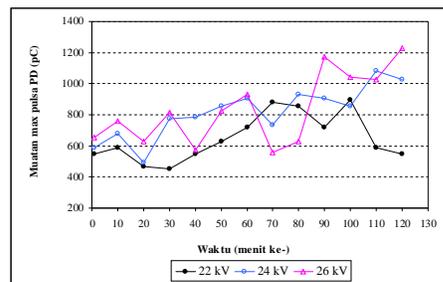
Berdasarkan gambar 6 dan 7 terlihat bahwa peristiwa *partial discharge* (PD) pada bahan resin epoksi menggunakan elektroda jarum bidang muncul pada siklus positif maupun negatif. Jumlah pulsa PD baik positif maupun negatif berubah selama waktu penerapan tegangan. Secara umum dapat diketahui bahwa karakteristik jumlah pulsa PD positif maupun negatif cenderung mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu penerapan tegangan. Fenomena bertambahnya jumlah pulsa PD dapat dijelaskan sebagai berikut : jika di antara kedua elektroda diterapkan tegangan maka akan timbul medan listrik di antara kedua elektroda tersebut yang mempunyai besar dan arah tertentu. Dalam polimer padat perolehan energi oleh elektron dari medan listrik akan memicu proses eksitasi, rekombinasi, dan juga dapat membangkitkan radiasi ultraviolet, serta sejumlah elektron akan memperoleh cukup energi untuk mengionisasi polimer. Elektron – elektron akan terionisasi dan memiliki energi kinetik yang cukup untuk memungkinkan mengionisasi atom netral dalam polimer bila bertumbukan, dengan adanya ionisasi ini maka muncul elektron dan ion positif baru, kemudian elektron itu akan memulai proses serupa untuk menghasilkan dua elektron dan ion positif baru dan seterusnya. Jika proses ini berlangsung terus – menerus seiring pertambahan waktu maka elektron akan terus bertambah yang memungkinkan PD lebih mudah terjadi.

Jumlah pulsa PD yang terjadi mengalami fluktuasi, hal ini disebabkan peristiwa PD pada polimer terjadi secara tidak terduga dan tidak berpola. Peristiwa pulsa *partial discharge* yang terjadi selama pengukuran bersifat stokastik, hal ini dapat diakibatkan dari ketersediaan elektron pemicu untuk memulai PD merupakan proses stokastik. Perkembangan PD sangat ditentukan oleh proses ionisasi, rekombinasi elektron-ion, dan adanya *attachment* elektron.

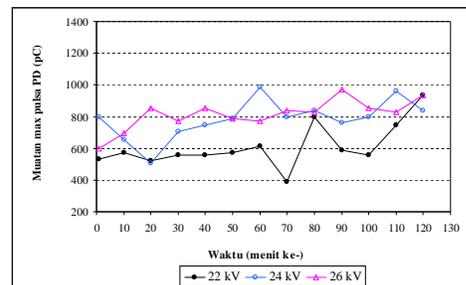
Jumlah pulsa PD yang terjadi meningkat jika tegangan yang diterapkan dinaikkan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : ketika tegangan yang diterapkan dinaikkan, maka kuat medan elektrik akan bertambah, elektron akan bergerak dipercepat karenanya sehingga elektron memiliki energi kinetik yang besar pula. Energi kinetik yang dimiliki elektron ini memungkinkan mengionisasi atom gas dalam polimer bila bertumbukan. Ionisasi menghasilkan elektron berikutnya. Semakin besar kuat medan elektrik yang diterapkan, proses ionisasi semakin menghebat sehingga terjadi banjir (*avalanche*) elektron.

Karakteristik Muatan Maksimum PD

Karakteristik muatan maksimum PD terhadap waktu pada tegangan yang berbeda ditunjukkan pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Karakteristik muatan maksimum PD positif terhadap waktu



Gambar 9. Karakteristik muatan maksimum PD negatif terhadap waktu

Dari gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa muatan maksimum PD siklus positif maupun negatif mengalami fluktuasi, tetapi secara umum mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : *partial discharge* akan menyebabkan degradasi akibat pemboman ion atau juga akibat reaksi kimia. Benturan-benturan elektron pada anoda akan mengakibatkan terlepasnya ikatan kimiawi zat padat. Demikian pula, pemboman katoda oleh ion-ion positif akan mengakibatkan rusaknya zat isolasi padat karena kenaikan temperatur akibat *discharge* yang kemudian menghasilkan jalur *discharge* atau jalur aliran arus permanen. Pada subbab 4.1 di atas, telah dijelaskan bahwa jumlah pulsa PD mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu penerapan tegangan. Keadaan ini menyebabkan dinding zat padat lama – kelamaan rusak, jalur *discharge* akan semakin panjang dan semakin besar sehingga jalur ini akan semakin bersifat konduktif dengan begitu muatan PD semakin besar.

KESIMPULAN

1. Karakteristik PD dipengaruhi oleh tegangan dan waktu yang diterapkan pada bahan isolasi.
2. Karakteristik jumlah pulsa PD dan muatan maksimum terhadap waktu menunjukkan kurva dengan fluktuasi yang cenderung meningkat.
3. Karakteristik jumlah pulsa PD dan muatan maksimum meningkat karena pengaruh kenaikan tegangan. Pada tegangan 22 kV_{rms}, 24 kV_{rms}, dan 26 kV_{rms}, memperlihatkan jumlah PD dan muatan maksimum yang semakin bertambah.

DAFTAR RUJUKAN

Dissado, L.A., Fothergill J.C. (1992): *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Material and Devices Series 9, Peter Peregrinus Ltd., London, United Kingdom.

Hazmi, A., Suwarno (2002): *Pengukuran Partial Discharge Pada Pemohonan Listrik Ko-Polimer Etylene Acrylic Acid (EAA)*, Jurnal Teknik Tegangan Tinggi Indonesia, FOSTU, Vol. 4, No. 2.

Nugroho, P.S. (2000): *Studi pengukuran peluahan sebagian pada pemohonan Listrik dan Void dalam LDPE*, Tugas

Akhir S-1, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Suwarno (1996): *Study on electrical treeing and partial discharge in Polymeric Insulating Materials*, A Dissertation for The Doctor Degree at School of Engineering, Nagoya University, Japan.

Syakur, A., dan Suwarno (2002): *Karakteristik Partial Discharge Void pada Kelembaban Tinggi*, Jurnal Teknik Tegangan Tinggi Indonesia, FOSTU, Vol. 4, No. 2.

Kurnianto, R. (1998): *Studi Pengaruh Temperatur Pada Karakteristik Pemohonan Lisrik Dalam Polymer*, Tesis S-2, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Morshuis, P.H.F. (1993): *Partial Discharge Mechanism*, Delft University Press, Netherlands.

Schifani, R. (1995): *Temperature Dependence of Epoxy Resistance to PD*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2 No. 4.

Schifani, R., R. Candela and P. Romano (2001): *On PD Mechanism at High Temperature in Voids Included in an Epoxy Resin*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 8 No. 4.

M. Nagao, K. Oda, K. Nishioka, Y. (2002): *Propagations of Electrical Trees in Filled Epoxy Resin under AC Voltage*, Jurnal Teknik Tegangan Tinggi Indonesia, Vol.4 No.2.

Syakur, A., Windarto, J., Suwarno dan Redy, M. (2005): *Pengukuran Partial Discharge (PD) pada Bahan Isolasi Polimer untuk Mendeteksi Kerusakan Isolasi pada Peralatan Tegangan Tinggi dengan Menggunakan Software Labview*, Makalah seminar Nasional Ketenagalistrikan 2005, Semarang