

## KARAKTERISTIK ARUS BOCOR PELUAHAN SEBAGIAN MATERIAL RESIN EPOKSI TRAFU ARUS DISTRIBUSI PADA KONDISI POLUTAN KABUT GARAM

Satia Zaputra  
Prodi Teknik Elektro - Universitas Kebangsaan Bandung  
Email: satiazaputra1974@gmail.com

### Abstrak

Trafo Arus Distribusi Pasangan Luar banyak digunakan pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV. Bahan utama isolasinya adalah resin epoksi yang dicampur dengan semen putih (*talk haichen*). Dalam penggunaan di udara terbuka (pasangan luar) material resin epoksi mengalami penuaan isolasi akibat pengaruh berbagai kondisi lingkungan ( polutan dan kelembaban ). Dalam makalah ini disampaikan hasil pengujian pengukuran **partial discharge** (PD) dan arus bocor (**leakage current**) dari material resin epoksi tersebut . Hasil pengujian PD menunjukkan besar muatan maksimum sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan pengisi resin epoksi tersebut. Kemampuan polutan dalam menyerap kandungan uap air (kelembaban) juga sangat mempengaruhi besar muatan maksimum PD yang terjadi. Pada kondisi basah (95% RH) diperoleh bahan pengisi semen putih terbaik adalah 75% prosentase beratnya untuk konduktivitas 4.6 mS dan 36 mS/cm, sedangkan untuk konduktivitas 24 mS/cm diperoleh komposisi bahan pengisi semen putih terbaik adalah 25% prosentase beratnya. Hasil pengujian arus bocor material resin epoksi menunjukkan besar kenaikan arus bocor sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (kelembaban dan polutan) . Pada kondisi basah (95% RH) fenomena pita kering (**dry band**) terjadi dalam fluktuasi kenaikan arus bocor permukaan. Kondisi **flash over** sering terjadi pada tegangan uji 30 kV untuk konduktivitas 36 mS/cm.

**Kata kunci:** Resin epoksi , PD, arus bocor

### I. PENDAHULUAN

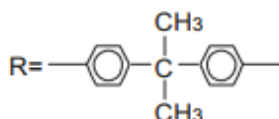
Bahan utama Isolasi trafo arus distribusi pasangan luar adalah campuran antara material resin epoksi dan semen putih (*talk haichen*). Material polimer resin epoksi sendiri mulai banyak digunakan untuk keperluan isolasi pasangan luar. Dalam penggunaannya dibawah medan listrik tinggi isolasi polimer mudah mengalami penuaan akibat pengaruh arus bocor yang terjadi. Penuaan isolasi yang terjadi dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kegagalan isolasi.

Ada 2 jenis arus bocor yang terjadi yaitu arus bocor komponen pulsif (frekuensi tinggi) dan arus bocor komponen konduktif (frekuensi rendah). Arus bocor komponen pulsif sering disebut dengan *partial discharge* (PD), sedangkan arus bocor komponen konduktif sering disebut dengan *leakage current*.

### II. METODE PENELITIAN

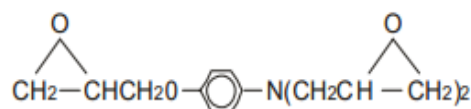
#### Bahan Penelitian

Resin epoksi ini memperlihatkan tipe khusus polieter yang preparasi (disiapkan) melalui reaksi polimerisasi antara senyawa epoksida dan senyawa dihidroksi. Senyawa dihidroksi yang paling umum dipakai seperti gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur kimia senyawa bisfenol A

Untuk senyawa epoksida yang digunakan secara komersial adalah glidasil amin , dengan struktur kimia seperti pada gambar 2.



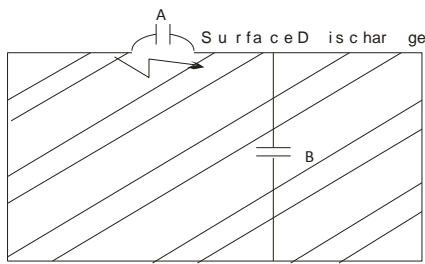
**Gambar 2.** Struktur kimia glidasil amin

Polimerisasi kedua senyawa diatas untuk membentuk polimer terikat silang melalui beberapa tahap. Resin tahap A mengacu ke resin yang tidak dikeraskan, tahap B yang dikeraskan sebagian, dan tahap C yang dikeraskan sempurna.



**Gambar 3.** Material isolasi resin epoksi pada trafo arus distribusi pasangan luar





**Gambar 7.** Mekanisme PD pada permukaan isolasi

Besarnya *surface discharge* (PD) sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan isolasi, lapisan pengotor, kelembaban dan kuat medan listrik yang terjadi.

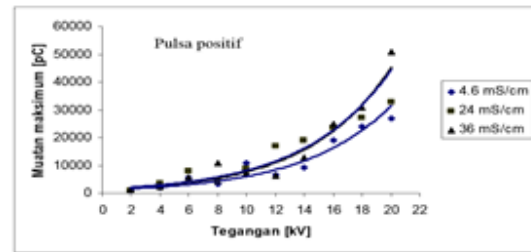
**Karakteristik Muatan Maksimum PD Trafo Arus**

Untuk melihat pengaruh konduktivitas polutan terhadap karakteristik muatan maksimum PD dapat dilihat dari gambar 6 di bawah ini. Percobaan dilakukan pada kelembaban sangat basah RH 95%.

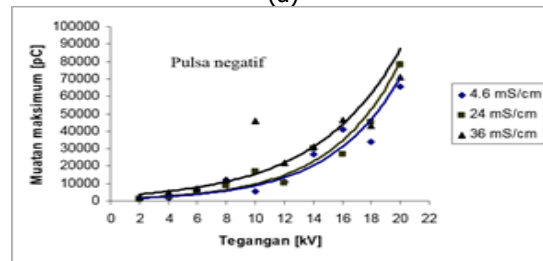
Dari gambar 7, pada kelembaban tinggi 95%RH terlihat semakin tinggi konduktivitas polutan maka semakin besar pula peluahan muatan maksimum PD yang terjadi. Kemampuan polutan dalam menyerap kandungan uap air (H<sub>2</sub>O) menyebabkan void memiliki gas-gas yang bersifat elektronegatif sehingga memudahkan terjadinya ionisasi. Unsur kabut garam yang tinggi (NaCl) juga memberi pengaruh reaksi kimia dengan senyawa gugus epoksida dari bahan, dimana Na<sup>+</sup> pada kelembaban tinggi sangat mudah berikatan (memutuskan ring O dan CH<sub>2</sub>) dengan unsur Oksigen dari gugus epoksida, akibatnya konduktivitas bahan juga meningkat sehingga aktivitas PD juga semakin meningkat.

**Pengaruh konduktivitas polutan terhadap karakteristik muatan maksimum PD pada sample uji**

Untuk mengetahui kinerja dari material resin epoksi terhadap pengaruh konduktivitas maka penulis telah membuat tiga sample uji berukuran dengan bahan pengisi semen putih yang berbeda-



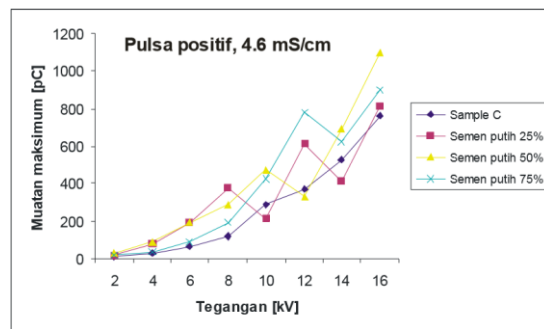
(a)



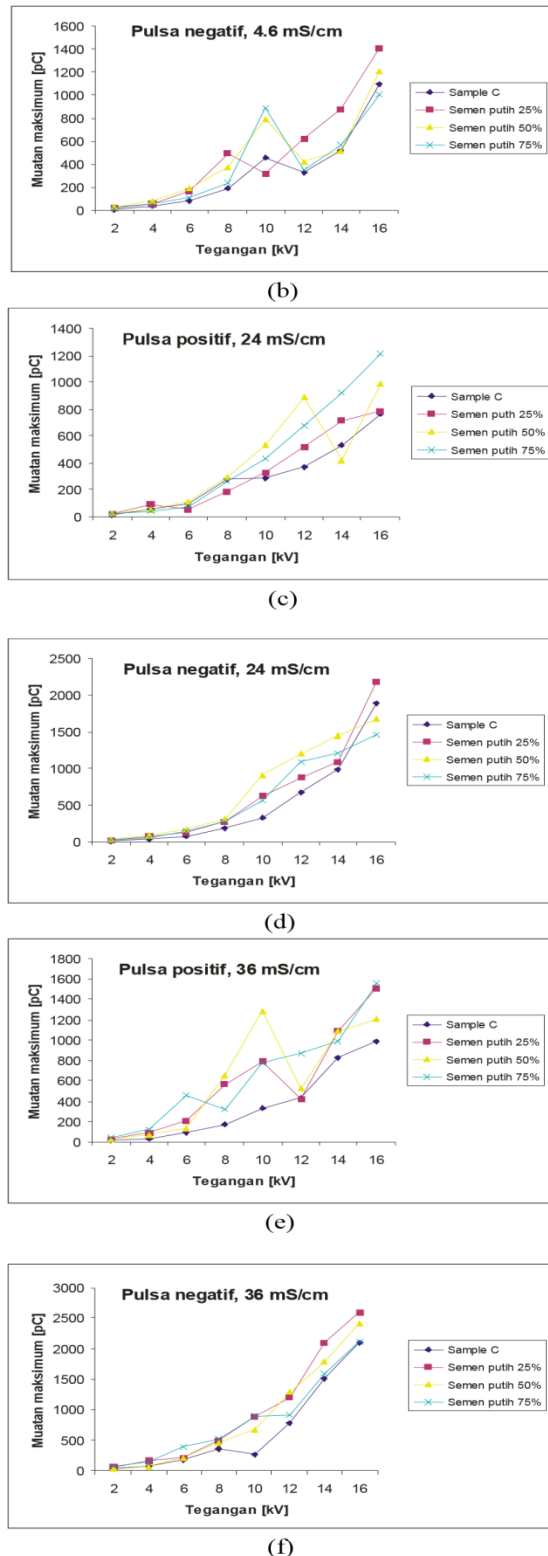
(b)

**Gambar 8.** Karakteristik muatan maksimum PD trafo arus, (a) pulsa positif; (b) pulsa negatif

beda . Hasil pengujian PD tiga sampel uji ini akan dibandingkan dengan sebuah muatan maksimum PD yang terjadi pengisi pengujian PD tiga sample uji ini akan dibandingkan dengan sebuah sample uji (sample C) dari PT.PLN. Karakteristik muatan maksimum PD yang terjadi dapat dilihat pada gambar 9.



(a)



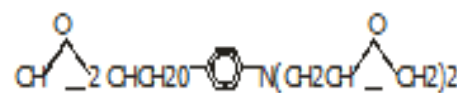
**Gambar 9.** Perbandingan karakteristik muatan maksimum PD sample uji (a-b) 4.6 mS/cm, (c-d) 24 mS/cm, (e-f) 36 mS/cm.

Dari gambar 9 diatas terlihat bahwa komposisi bahan pengisi semen putih pada konduktivitas polutan yang berbeda-beda ternyata memiliki kenaikan muatan maksimum PD yang berbeda-

beda pula. Kenaikan muatan maksimum PD yang sangat berfluktuatif memberikan kesulitan analisa diagnosa degradasi isolasi yang terjadi. Namun dengan memperhatikan secara seksama grafik hasil nilai muatan maksimum PD yang terjadi pada beberapa sample uji maka didapat hipotesa sementara sebagai berikut :

- Untuk Konduktivitas 4.6 mS/cm dan 36 mS/cm diperoleh komposisi terbaik semen putih 75% .
- Untuk Konduktivitas 24 mS/cm diperoleh komposisi terbaik semen putih 25%.

Resin epoksi mempunyai gugus epoksida yang sangat reaktif yaitu mudah terputusnya ikatan samping (ring) antara O dan CH<sub>2</sub> dengan senyawa reaktif lainnya.



**Gambar 10.** Struktur kimia epoksi

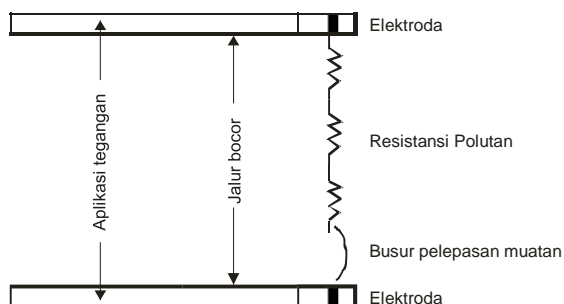
Unsur reaktif lain tersebut dapat berasal dari kandungan uap air (H<sub>2</sub>O) dan NaCl dari konduktivitas polutan. Senyawa NaCl dari kabut garam adalah unsur kimia yang sangat reaktif (mengandung Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>) yang cenderung untuk membentuk ikatan baru. Unsur Na<sup>+</sup> dapat dengan mudah bereaksi dengan O dari gugus epoksi yaitu memutuskan ring antara O dan CH<sub>2</sub>. Proses kimiawi (pemutusan ring) tersebut diduga kuat berhubungan erat dengan komposisi prosentase bahan pengisi resin epoksi itu sendiri. Dimana komposisi bahan pengisi semen putih 25%, 50% dan 75% telah memberi kekuatan dielektrik dalam mempertahankan ikatan samping (ring O dan CH<sub>2</sub>) dari gugus epoksida itu sendiri.

Oleh karena itu , ketika material dielektrik ditempatkan pada konduktivitas polutan tertentu akan memberi pengaruh terhadap kenaikan muatan maksimum PD yang berbeda-beda.

**Karakteristik arus bocor komponen konduktif (leakage current) trafo arus distribusi**

Untuk melihat pengaruh konduktivitas polutan terhadap arus bocor trafo arus distribusi dalam keadaan basah distribusi dengankonduktivitas yang berbeda-beda, 95% RH.

Trafo arus distribusi pasangan luar dalam aplikasinya dilapangan sering mendapat kontaminasi polutan dari lingkungan sekitarnya. Pada kondisi kelembaban tinggi (basah) , polutan tersebut mudah menyerap kandungan uap air (H<sub>2</sub>O) akibatnya arus bocor permukaan juga semakin besar. Karena ada efek pemanasan (penguapan) dari unsur lembab tadi oleh aliran arus bocor yang kontinyu maka akan menimbulkan pita kering (*dry band*) dipermukaan bahan isolasi. Fenomena pita kering yang terjadi ini dapat berupa kenaikan arus bocor yang sangat berfluktuatif pada konduktivitas 36 ms/cm.



**Gambar 11.** Skema pembentukan pita kering

Untuk tegangan uji yang diberi sampai 30 kV sering terjadi *flash over* ditandai dengan jatuhnya tegangan sistem pengukuran. Dari gambar 9 di atas terlihat resistansi polutan (pita kering) membentuk jalur arus bocor ke ground. Akibatnya tegangan 12 kV (line to netral) di elektroda atas trafo arus telah diperpendek oleh ujung resistansi polutan sehingga dapat terjadi *flash over* melalui busur pelepasan muatan ke ground (elektroda bawah).

### III. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen dan analisis dapat disimpulkan hal-hal berikut :

- a. *Partial discharge* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti kelembaban dan polutan yang menempel di permukaan bahan. Semakin tinggi kelembaban dan konduktivitas polutan maka muatan maksimum PD yang terjadi juga semakin besar.
- b. Untuk kondisi basah 95% RH dengan konduktivitas 4.6 mS/cm dan 36 mS/cm diperoleh kandungan semen putih terbaik sebagai bahan pengisi resin epoksi adalah 75%. Sedangkan untuk konduktivitas 24 mS/cm diperoleh kandungan semen putih terbaik adalah 25 % . Adanya perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya pengaruh komposisi semen putih

dalam mempertahankan ring (pengikat) antara O dan CH<sub>2</sub> yang terdapat dalam gugus epoksi untuk bereaksi dengan senyawa NaCl dari konduktivitas polutan.

- c. Kenaikan arus bocor permukaan isolasi trafo sangat berfluktuasi pada kondisi basah, hal ini erat kaitannya dengan kemampuan polutan dalam menyerap kandungan uap air dalam bentuk fenomena pita kering (*dry band*).

### DAFTAR PUSTAKA

- Suwarno (2016), Partial Discharge In High Voltage Insulating Materials. Internasional Journal on Electrical Engineering and Informatics, Volume 8, Number 1, March 2016.
- Suwarno (2016), Simulation Analysis of Surface Current as TEV Signal Caused by Partial Discharge on Post Insulator In Bus Duct. International Conference on Dielectrics - ICD 2016
- Suwarno (2002), Karakteristik Urutan Waktu PD Dari Berbagai Sumber, *Prosiding Seminar Nasional Workshoop Teknik Tegangan Tinggi V*, Yogyakarta
- Kreuger, F.H (1992), *Industrial High Voltage , coordinating, testing, measuring*, Delft University press, Netherland
- Stephen , Sopyan ,Iis (2001), *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta
- IEC Standard, 507 (1991), Artificial Pollution on High Voltage Insulators To Be Used on AC System, *IEC*.
- IEC Standard, 60-1 (1989) , High Voltage Testing Technique, *IEC*
- Fernando, M.A.R.M (1999) , Leakage Curenrs on Non ceramic Insulators and Material, *IEEE Transcations on Dielectric and Electrical Insulation Vol 6*.
- Sorgvist, T , and Gubanski ,S.M (1999), Leakage Current and Flashovers of Field-aged Polimeric Insulators, *IEEE Transcations on Dielectric and Electrical Insulation Vol 6, No 5*.