

PEMANFAATAN ISOLASI RESIN EPOKSI SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN KUALITAS PENYALURAN ENERGI LISTRIK DITINJAU DARI KARAKTERISTIK HIDROFOBIA

R. Kartono, M. Harlanu, Agus Suryanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium terhadap bahan isolasi resin epoksi jenis DGEBA berbahan pengeras MPDA dengan bahan pengisi pasir silika dicampur silicon rubber, yang terkontaminasi polutan buatan dan perlakuan bervariasi. Penelitian ini dilatar belakangi oleh kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang pemakaian tenaga listriknya kebanyakan berada dipesisir pantai. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya Nilai ESDD semakin naik seiring dengan kenaikan volume (lama) penyemprotan karena semakin banyak volume polutan yang disemprotkan maka semakin banyak pula yang menempel pada permukaan isolator. Selanjutnya bahwa kinerja sudut hidrofobik sangat ditentukan oleh persentase filler. Setiap kenaikan persentase filler sebesar 10 % akan cenderung diikuti kenaikan sudut hidrofobik bahan atau bisa dikatakan mampu memperbaiki hidrofobik bahan sebesar 5,62860 lebih signifikan dibandingkan dengan penurunan sudut yang hanya 0,6660 terjadi akibat dari kenaikan ESDD sebesar 0,001 mg/cm².

Kata kunci : Isolasi resin epoksi, kualitas penyaluran energi, karakteristik hidrofobik

PENDAHULUAN

Isolator yang digunakan pada sistem transmisi maupun distribusi tenaga listrik berfungsi mengisolasi bagian yang bertegangan dan yang tidak bertegangan. Umumnya isolator pemasangan luar (*outdoor*) yang dipakai di Indonesia mempunyai bahan dasar yang terbuat dari keramik, gelas dan porselin. Bahan tersebut mempunyai kelemahan jika beroperasi dalam kondisi yang lembab, sebab memiliki sifat menyerap air, yakni sudut kontak terhadap air berada pada derajat yang kurang dari 30 (*hydrophilic*), kondisi ini akan semakin buruk jika berada dalam medan kerja yang berpolutan/terkontaminasi oleh keadaan alam terbuka seperti pinggiran laut atau kawasan industri, yang berakibat sudut kontak permukaan dan air makin kecil (Awad et al, 1999).

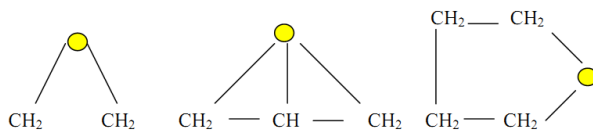
Isolasi adalah sifat dari salah satu bahan peralatan listrik yang dapat memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih yang bertegangan sehingga tidak terjadi kebocoran arus.

Secara garis besarnya bahan isolasi dapat diklasifikasikan atas 3 bagian, yaitu isolasi padat, cair dan gas. Karet silicon merupakan salah satu bahan isolasi sebagai isolator dari keluarga polimer kelompok termoplastik yang mempunyai sifat-sifat kinerja hidrofobik yang baik, ringan dan mudah pembentukannya. Secara umum klasifikasi beberapa dielektrik padat dapat dilihat pada tabel-1 berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi beberapa dielektrik padat

Organik	Anorganik	Polimer Sintetis	
		Termoplastik	Thermoseting
Amber	Keramik	Perspex	Damar epoxy
Kertas	Kaca	Polyetilen	Pheonolic
Pressboard	Mika	Polypropilen	Melamin
Karet	Fiber glass	Polydyrene	Urea formaldehyde
Kayu	Email	Polyvinyl choloride	Crosslinked Polyetilen

Epoksi/oksirana/alkena oksida adalah suatu eter siklik beranggotakan tiga atom, Epoksi yang paling sederhana adalah *ethylene oxide*, sedang *trimethylene oxide* dan *tetrahydrofuran* adalah contoh lainnya. (Gambar 2).

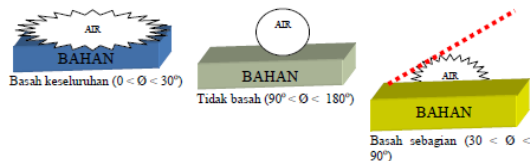


Gambar 1 : Contoh Struktur resin epoksi

Degradasi adalah reaksi yang menyebabkan putusnya rantai ikatan molekul utama yang menyebabkan pengurangan berat dan panjang molekul epoksi resin sehingga akan mengubah sifat bahan epoksi resin tersebut. Reaksi ini dapat terjadi karena pengaruh zat-zat kimia (air, asam, alkohol, oksigen dll) pengaruh termal (panas, cahaya, radiasi) dan pengaruh mekanik.

Umur dan lama penggunaan dari suatu isolator polimer (epoksi resin) dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya : akibat pengaruh air hujan, pengaruh sinar ultraviolet dan pengaruh polutan yang menempel pada permukaan. Efek air ini harus menjadi pertimbangan dalam desain untuk menentukan batas umur dari suatu isolator non-keramik. Absorsi air merupakan sifat yang harus diketahui dari suatu bahan isolator. Pengaruh absorsi air dari kelembaban yang tinggi atau hujan ke dalam isolator berbahan polimer (epoksi resin) akan mempengaruhi kekuatan dielektriknya yang ditandai dengan faktor rugi tangen dan permitivitas. Karnet dkk. (1991) melaporkan bahwa permitifitas dan rugi tangen material polimer cenderung meningkat dengan kenaikan absorsi air. Material di bawah kondisi basah yang berkepanjangan dapat pula mengurangi kekuatan **hidrofobiknya**.

Hidrofobik adalah salah satu sifat yang dimiliki oleh bahan isolasi karet silikon, yang mana apabila dalam keadaan terpolusi mampu mentransfer sifat menolak air ke permukaan bahan yang semula terdegradasi oleh karena polusi, sehingga sifat hidrofobiknya masih mampu dipertahankan seperti setting awal bahan isolasi saat beroperasi. Peristiwa tersebut dikenal dengan kinerja reaksi berat molekul rendah (BMR) yang naik di atas permukaan. Sifat hidrofobik suatu bahan isolasi dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran sudut kontak.



Gambar 3 : Karakter Sudut kontak bahan isolator terhadap air

Dari gambar tersebut dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian besar :

1. Bahan yang bersifat basah (Hydrophilic) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi kurang dari 30 derajat.
2. Bahan yang bersifat basah sebagian (Partially wetted) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi pada interval 30 s/d 89 derajat.
3. Bahan yang bersifat tidak basah (hydrophobicity) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi lebih besar 90 derajat.

METODE

Dalam pemberian lapisan polutan buatan dilakukan dengan menyemprotkan dalam sampel. Penyemprotan dilakukan tidak langsung mengenai bahan uji. Penyemprotan dilakukan berdasarkan waktu dengan rentang 10 menit, keadaan ini dilakukan untuk mempertahankan komposisi lapisan polutan buatan. Dalam pemberian lapisan polutan buatan sampel uji digantungkan dalam lemari kaca dan disemprot. (IEC 507).

Pengujian Sifat Hidrofobik

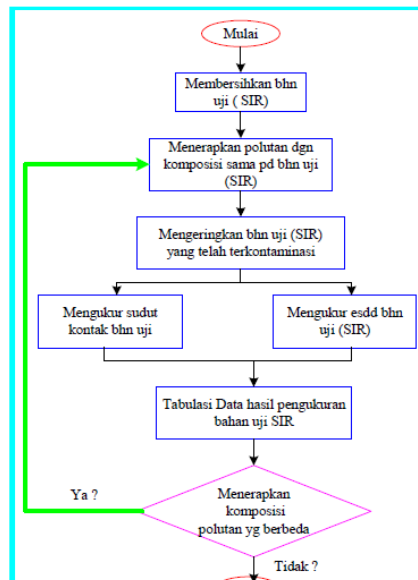
Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan sampel uji dengan air destilasi yang diteteskan ke permukaan sampel uji. Sudut kontak berkaitan dengan karakteristik isolator yaitu sifat menyerap air (*hydrophilic*) atau sifat tolak air (*hydrophobic*).

Berikut adalah prosedur untuk pengujian sifat hidrofobik :

- 1) Mempersiapkan sampel uji.
- 2) Mempersiapkan peralatan pengujian yaitu Kamera Digital dan seperangkat komputer.
- 3) Melakukan pengujian yaitu dengan memberi tetesan air sebanyak 50 μ l pada permukaan

sampel uji, setelah itu dilakukan pemotretan tetesan air tersebut.

- 4) Menghitung besarnya sudut kontak θ dari hasil pemotretan dengan menggunakan skala dan perhitungan.



Gambar 12 : Diagram alir jalannya penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tingkat ESDD dibuat berbeda dengan memvariasi lama penyemprotan polutan. Penyemprotan dengan lama 1 menit kurang lebih memerlukan 66,667 cc polutan. Setiap variasi bahan pengisi yakni dari 10% sampai dengan 60% untuk lama penyemprotan yang sama diukur konduktivitasnya. Nilai ESDD dihitung menggunakan persamaan 4 dan 5 berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas. Konduktivitas yang telah diperoleh dikonversi terlebih dahulu ke konduktivitas pada suhu standar 20°C dengan menggunakan tabel faktor koreksi dan persamaan 3. Hasil pengukuran konduktivitas dan perhitungan ESDD selengkapnya untuk masing-masing sampel uji diperlihatkan pada lampiran 1. Rata-rata dari hasil pengukuran dan hasil perhitungan ESDD ditampilkan pada tabel 2.

Nilai ESDD semakin naik seiring dengan kenaikan volume (lama) penyemprotan karena semakin banyak volume polutan yang disemprotkan maka semakin banyak pula yang menempel pada permukaan isolator. Grafik hubungan ESDD dapat dilihat pada gambar 16.

Tabel 2 Nilai rerata konduktivitas dan hasil perhitungan ESDD

Kasus	L (menit)	V (cc)	Sebelum ada polutan			Sesudah ada polutan			ESDD (mg/cm ²)
			s (mS)	T (°C)	S 20 (mS)	S (mS)	T (°C)	S 20 (mS)	
I	3	200	3.34667	24.9	3.111	6.7333	24.9	6.0422	0.0025695
II	6	400	3.4833	25.2	3.106	9.3167	25.2	8.3073	0.0045871
III	9	600	3.4667	25.1	3.098	12.45	25.1	11.125	0.0071215
IV	12	800	3.45	25.1	3.083	17.567	25.1	15.697	0.011275
V	15	1000	3.4667	25.1	3.098	24.75	25.1	22.115	0.011275
VI	20	1333.3	3.5333	25.2	3.151	31.567	25.2	28.147	0.0171355
VII	25	1666.7	3.4333	25.1	3.068	38.483	25.1	34.387	0.0285251
VII	30	2000	3.4833	25.1	3.113	42.467	25.1	37.946	0.0318076

Keterangan :

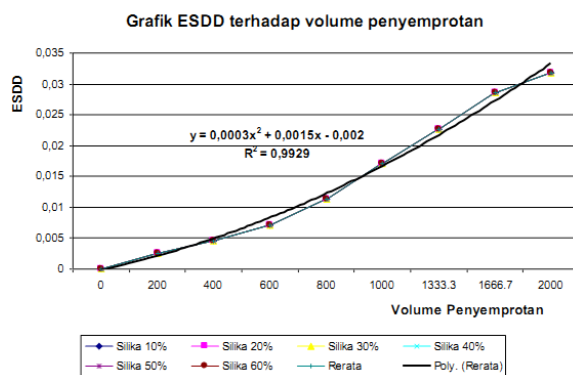
L : lama penyemprotan polutan

V : volume polutan

σ : konduktivitas air dan kapas

σ_{20} : konduktivitas air dan kapas pada suhu 20°C

t : suhu air dan kapas



Gambar 13 : Grafik ESDD terhadap volume penyemprotan dari hasil rerata masing-masing persentase silika



Resin epoksi dengan silika 0 %

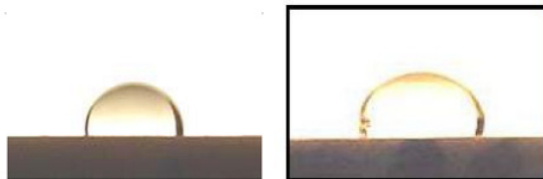


Resin epoksi silika 10 %

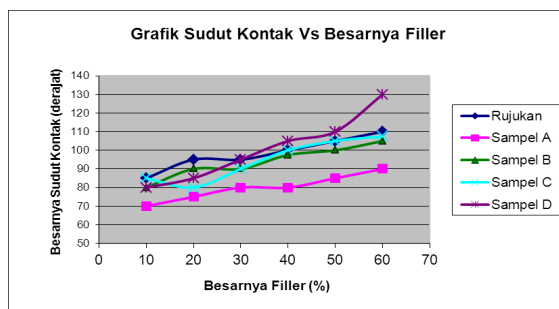
Gambar 14 : Salah satu Hasil Pembuatan Epoksi Resin dengan Filler Silika

Tabel 3 : Hasil Pengukuran Sudut Kontak Sampel UV 3H, Polutan C

No.	Rerata Hidrofobik (derajat)					
	Filler (%)	Sampel Rujukan	Sampel A	Sampel B	Sampel C	Sampel D
1	10	85	70	80	85	80
2	20	95	75	90	80	85
3	30	95	80	90	90	95
4	40	100	80	97.5	100	105
5	50	105	85	100	105	110
6	60	110	90	105	107.5	130



Gambar 15 : Hasil Foto Sudut Kontak Hidrofobik Sampel



Gambar 16 : Grafik Hasil Pengukuran Sudut Kontak terhadap Besarnya Filler

Dari Grafik di atas terlihat bahwa kinerja sudut hidrofobik sangat ditentukan oleh persentase filler. Setiao kenaikan persentase filler sebesar 10 % akan cenderung diikuti kenaikan sudut hidrofobik bahan atau bisa dikatakan mampu memperbaiki hidrofobik bahan sebesar 5,62860 lebih signifikan dibandingkan dengan penurunan sudut yang hanya 0,6660 terjadi akibat dari kenaikan ESDD sebesar 0,001 mg/cm².

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar grafik dapat diartikan bahwa semakin besar ESDD dalam hal ini sangat dipengaruhi oleh resistivitas permukaan bahan, sedangkan resistivitas permukaan sendiri dipengaruhi oleh banyaknya polutan yang menempel pada permukaan bahan.

Kinerja sudut hidrofobik lebih dominan ditentukan oleh filler dibanding pengaruh lingkungan, Ini dapat dilihat dari setiap kenaikan prosentase filler 10% dapat memperbaiki hidrofobik bahan sebesar 5.62860 lebih signifikan dibanding penurunan sudut yang hanya sebesar 0.6660 oleh kenaikan esdd setiap 0.001 mg/cm². Secara parsial hidrofobik tertinggi mencapai sudut 130o pada sampel R4F6 UV- 4 hari dengan polutan terbanyak. Maka dapat disimpulkan bahwa bahan isolasi dengan filler yang baik tetap dapat mempertahankan kinerjanya walaupun diterapkan pada daerah berpolutan yang tinggi.

Secara ekonomis semakin besar persentase bahan pengisi, dalam hal ini silika kuarsa, semakin kecil biaya yang diperlukan dalam pembuatan isolator karena harga bahan dasar (resin epoksi) lebih mahal daripada bahan pengisi (silika). Namun penggunaan resin epoksi dengan persentase bahan pengisi lebih dari 60% tidak mungkin dilakukan karena komposit yang terbentuk tidak homogen akibat perbedaan massa jenis yang cukup besar antara kedua jenis bahan. Secara umum penambahan silika kuarsa pada bahan resin epoksi akan memperbaiki sifat mekanis dari bahan tersebut.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis maka dapat disimpulkan :

- a. Pemberian polutan industri dengan metode pengabutan (*fog chamber*) dengan variasi lama (volume) penyemprotan memberikan perbedaan tingkat ESDD yang kecil karena konsentrasi ion garam yang terkandung dalam polutan industri sangat kecil yakni 2,1 gram per liter.
- b. Polutan yang menempel pada permukaan isolator akan menyebabkan berkurangnya sifat *hidrophobic* resin epoksi sehingga pada keadaan lembab terjadi penurunan resistivitas permukaan yang cukup signifikan.
- c. Persentase bahan pengisi pada isolator resin epoksi tidak banyak mempengaruhi karakteristik elektrisnya karena tegangan gagal dan arus bocor yang terjadi adalah melalui permukaan sehingga resistivitas permukaan lebih dominan pengaruhnya.

Saran

Saran yang bisa diberikan adalah :

- a. Penelitian mengenai sifat-sifat bahan resin epoksi masih perlu dilanjutkan seperti sifat dielektris, sifat termal, sifat fisis tingkat absorpsi air untuk berbagai persentase silika kuarsa sebagai bahan pengisi sebagai pertimbangan kelayakan menjadi material isolator tegangan tinggi, khususnya untuk pemakaian luar.
- b. Karakteristik yang lebih jauh tentang kinerja resin epoksi dapat diketahui dengan melakukan penelitian tentang penyisipan bahan lainnya, bukan hanya dengan silika kuarsa misalnya dengan *fiberglass*, *aluminium tetrahidrat* dan *zinc oxide*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Sri Hartaty, 2002, "Karakteristik Tembus Permukaan Bahan Isolasi Polymer LPDE di udara Terbuka", *Seminar Nasional dan Workshop Teknik Tegangan Tinggi V*, UGM, Yogyakarta.
- Corley, 1989, "Cure Rate Control in Epoxy Resin Compositions", *Patent Number 4, 831, 099*, United States Patent.
- IEC 507, 1991, *Artificial Pollution Test on High Voltage Insulator to be AC System*, 2thEdition.
- Lee, H. Neville., K., 1967, *Handbook of Epoxy Resins*, Mc Graw-Hill Book Company.