

PENGARUH PENAMBAHAN SILIKON
TERHADAP SUDUT KONTAK HIDROPOBIK DAN
KARAKTERISTIK ARUS BOCOR PERMUKAAN BAHAN RESIN EPOKSI

Abdul Syakur *, Ika Novia A **), Sarjiya, Hamzah Berahim ***)

Abstract

Currently, polymer materials such as epoxy resin have been used as an insulator in the distribution and transmission line. Some advantages of using this epoxy resin material having the dielectric properties are better than porcelain and glass insulators. On the other side, epoxy resins are also disadvantage the surface is hygroscopic. For the repair was done by adding the surface properties of silicone rubber material

This paper describes the effect of adding silicone rubber against contact angle of hydrophobicity and surface leakage current characteristics of epoxy resin materials (Di-Glycidyl Ether of Bisphenol A (DGEBA) and Methaphenilene Diamine (MPDA). The study was conducted in the laboratory using the electrode method IEC 587:1984 with NH₄Cl contaminants. The voltage applied to the epoxy resin sample at 3.5 kV and 50 Hz frequency

The experimental results showed that the addition of silicon rubber in epoxy resin makes the surface material contact angle increases. The higher percentage of silicone rubber, the greater the contact angle and the longer time required for the occurrence of surface discharge.

Key words : contact angle, IEC 587, the leakage current.

Latar Belakang

Bahan polimer telah banyak digunakan sebagai isolator pada jaringan distribusi dan saluran transmisi, karena memiliki sifat dielektrik yang lebih baik, ringan, jika dibandingkan dengan isolator porselen atau kaca.

Namun, isolator dengan bahan polimer ini menunjukkan adanya degradasi permukaan isolasi akibat pengaruh iklim seperti sinar ultraviolet sinar matahari, kelembaban, suhu, dan kontaminan lainnya sehingga arus bocor permukaan, *surface tracking*, dan erosi dapat terjadi, dan degradasi ini dapat mengurangi kinerja isolator. Degradasi ini sebenarnya akibat dari kimia dan perubahan fisik yang terjadi pada permukaan polimer^[1].

Resin epoksi merupakan bahan isolasi yang penting dalam bidang ketengalistrikan. Resin epoksi adalah polimer termoplastik di mana dua komponen diramu untuk akhirnya membentuk suatu produk kaca pada suhu kamar.

Sifat listrik resin epoksi memiliki konstanta dielektrik sekitar 3,4-5,7, dan kekuatan dielektrik sekitar 100-220 kV / cm. Faktor Kekuatan resin epoksi resin sekitar 0,008-0,04^[2].

Menurut Berahim^[3], resin epoksi merupakan bahan hidrofilik, oleh karena itu, untuk daerah tropis, kelembaban dan curah hujan memainkan peranan penting dalam mempercepat proses degradasi pada permukaan isolator. Kontaminasi lapisan akan terbentuk pada permukaan isolator dan itu akan tersebar di permukaan. Arus bocor akan meningkat, terutama saat permukaan isolator basah disebabkan oleh kabut,

embun atau hujan ringan. Kebocoran arus akan memulai proses konduksi panas yang terjadi pada permukaan suatu flashover insulator dan akhirnya kegagalan isolasi akan terjadi.

Karet silikon memiliki kemampuan untuk menahan air di permukaan bahan sehingga air tidak menempel. Kinerja karet silikon sangat baik untuk isolasi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kinerja permukaan resin epoksi ditambahkan bahan karet silikon.

Makalah ini mempresentasikan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan karet silikon pada bahan resin epoksi terhadap sudut kontak hidropobik dan terhadap karakteristik arus bocor permukaan bahan.

Sudut Kontak Hidropobik

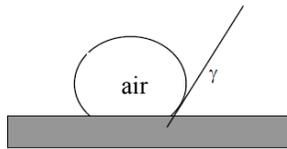
Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh ke permukaannya. Sifat hidrofobik paling berguna untuk isolasi *outdoor* karena dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinu antara ujung – ujung isolator, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil^[3].

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang diteteskan ke permukaan bahan uji. Pengukuran ini menggunakan tetesan air 50 µl yang diteteskan pada permukaan bahan isolator. Profil tetesan air itu diambil 2 menit setelah air diteteskan pada permukaan bahan isolator. Profil setetes air diproyeksikan pada layar dan sudut kontak ($180^\circ - \gamma$) dapat ditetapkan sebagaimana yang diilustrasikan pada Gambar 1.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro FT Undip

**) Jurusan T.Elektro FT Universitas Bengkulu

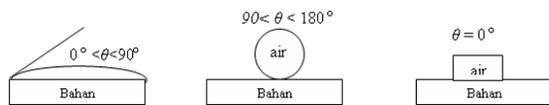
***) Jurusan T.Elektro FT Universitas Gajah Mada



Gambar 1. Pengukuran sudut kontak

Para peneliti telah berhasil mengklasifikasikan sudut kontak dalam tiga kelompok yaitu untuk sudut lebih kecil dari 30° maka bahan tersebut bersifat basah (*hidrofilik*), sudut kontak antara $30^\circ - 89^\circ$ disebut basah sebagian (*partially wetted*), dan sudut kontak lebih dari 90° disebut hidrofobik atau bersifat menolak air. Cairan yang digunakan untuk mengukur sudut kontak adalah air.

Menurut Berahim^[3], resin epoksi tidak memiliki sifat hidrofobik.



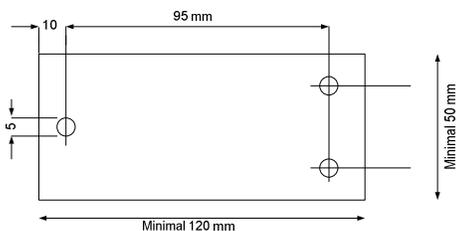
a. Basah sebagian keseluruhan b. Tidak basah c. Basah keseluruhan

Gambar 2. Klasifikasi sudut kontak

Metodologi Penelitian

Bahan Uji

Bahan uji datar minimal berukuran 50 mm x 120 mm. Diutamakan memiliki ketebalan 6 mm. Ketebalan lainnya dapat digunakan, namun harus disebutkan pada laporan pengujian. Bahan uji harus dibor seperti berikut untuk menempatkan elektroda^[4].



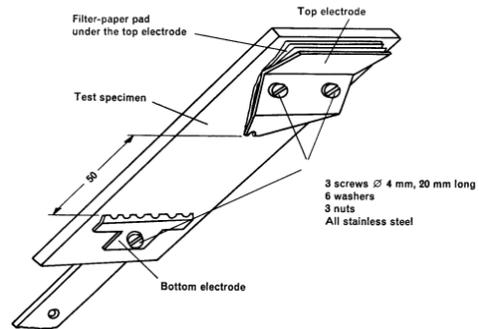
Gambar 3 dimensi sampel uji

Tabel 1 Komposisi penyusun sampel uji^[5]

Tipe Sampel	Resin Epoksi		Karet Silikon (%)
	DGEBA (%)	MPDA (%)	
R9S1	45	45	10
R8S2	40	40	20
R7S3	35	35	30
R6S4	30	30	40
R5S5	25	25	50

Elektroda

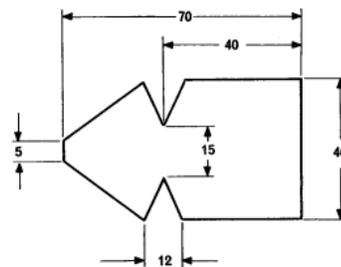
Semua elektroda, dan element rakit seperti *screw* harus terbuat dari *stainless steel*. Perakitan elektroda dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4 Letak posisi elektroda atas dan bawah

Kontaminan

- Spesifikasi yang digunakan adalah $0.1 \pm 0.002\%$ kualitas analitik massa NH_4Cl (*ammonium chloride*) dan $0.02 \pm 0.002\%$ massa *iso-octylphenoxy polyethoxyethanol* atau air yang dideionkan. Kontaminan ini seharusnya memiliki resistifitas $3.95 \pm 0.05 \Omega\text{m}$ pada $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Kontaminan tidak boleh berumur lebih dari empat minggu dan resistifitas seharusnya dicek sebelum setiap pengujian seri.
- Kertas saring delapan layer, yang dijepitkan antara elektroda atas dan bahan uji sebagai reservoir kontaminan.



Gambar 5 Kertas saring 8 lapisan

- Kontaminan seharusnya dialirkan ke kertas saring agar terjadi aliran kontaminan dari elektroda atas dan bawah *uniform* sebelum tegangan diaplikasikan.

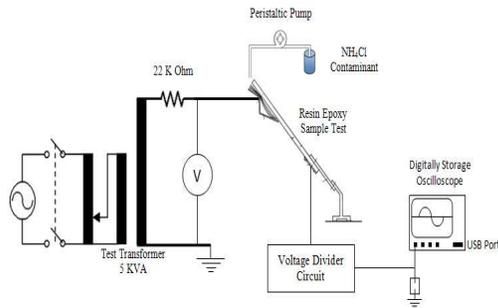
Rangkaian Uji

Rangkaian skematik dapat dilihat pada gambar 6. Pengujian dilakukan pada tegangan tinggi 3.5 kV. Sangat diperlukan lingkungan dengan perlindungan pentanahan yang baik.

Rangkaian uji ini terdiri atas :

- Power suplai 48 Hz – 62 Hz dengan tegangan output stabil $\pm 5\%$ dimana dapat divariasasi sampai kira – kira 6 kV dengan arus rata-rata tidak kurang dari 0.1 A untuk setiap bahan uji.

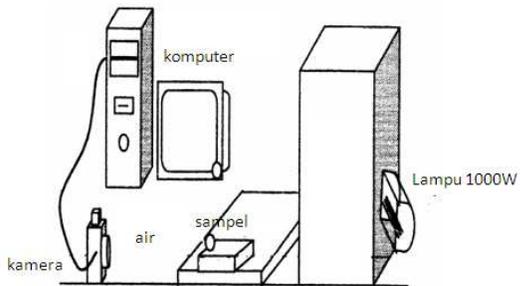
2. Resistor 200 W dengan toleransi $\pm 10\%$ dihubungkan seri dengan setiap bahan uji pada bagian tegangan tinggi dari power suplai.
3. Voltmeter dengan keakuratan pembacaan 1.5% Relay delay arus lebih atau peralatan lain yang beroperasi ketika 60 mA atau peralatan lainnya yang bekerja pada rangkaian tegangan tinggi untuk 2s.



Gambar 6 Rangkaian Skematik^[4]

Pengukuran sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan menggunakan kamera digital untuk memotret sudut kontak pada permukaan bahan uji. Pengujian sudut kontak ini dimaksudkan untuk menentukan sifat permukaan bahan uji, bersifat hidrofobik atau hidrofilik.



Gambar 7. Rangkaian pengukuran sudut kontak

Sudut hidrofobik mencerminkan sifat kedap air dari permukaan bahan, semakin besar sudut hidrofobik, maka semakin baik sifat bahan untuk dapat menahan air tidak masuk ke dalam bahan isolator. Gambar 7 adalah rangkaian pengujian sudut kontak.

Langkah-langkah untuk mengukur sudut kontak adalah dengan menyalakan lampu sebagai sumber cahaya tambahan agar titik air yang difoto tampak jelas. Meletakkan bahan uji dan menghidupkan kamera. Bahan uji diposisikan sedemikian rupa sehingga pada layar kamera tidak terlihat permukaan bahan uji bagian belakang (bagian depan dan belakang dari permukaan bahan uji berimpit). Setelah permukaan bahan uji tampak segaris, bahan uji ditetesi dengan air destilasi sebanyak 50 μl menggunakan assipette no.100.

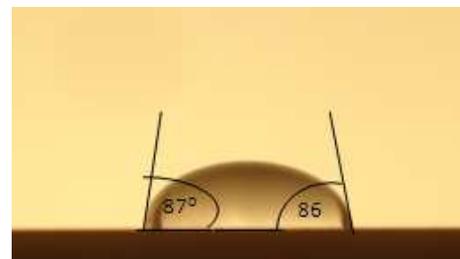
Langkah selanjutnya memfoto bahan uji dengan kamera digital. Hasil pengujian bisa langsung dimasukkan ke dalam komputer dan sudut kontak bisa segera dihitung.

Agar hasil foto nantinya baik, maka proses pengambilan foto bisa diulang beberapa kali dan dipilih hasil foto yang paling baik.

Hasil Dan Analisa

Sudut Kontak Hidrofobik

Besarnya sudut kontak permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung melalui pemotretan kamera digital yang dihubungkan dengan komputer. Hasil pemotretan ditampilkan dalam bentuk ukur proyektor berskala, selanjutnya sudut kontak pada sisi kiri dan kanan sampel uji diukur dengan menggunakan busur derajat. Contoh perhitungan sudut kontak hidrofobik:



Gambar 8 Pengukuran sudut kontak^[5]

$$\text{Sudut kontak kiri (SKKi)} = 87^\circ$$

$$\text{Sudut kontak kanan (SKKa)} = 86^\circ$$

Maka :

$$\text{Sudut Kontak} = \frac{\text{SKKi} + \text{SKKa}}{2}$$

$$\text{Sudut kontak} = \frac{87^\circ + 86^\circ}{2}$$

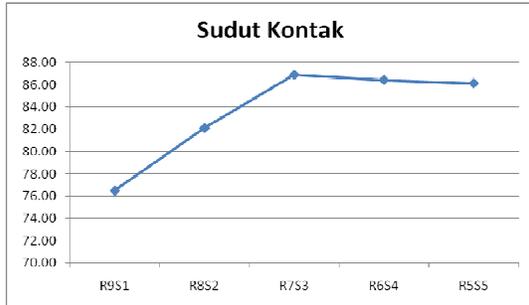
$$\text{Sudut kontak} = 86,5^\circ$$

Karena hasil pengukuran sudut kontaknya $< 90^\circ$, maka dapat disimpulkan bahwa permukaan bahan uji ini bersifat hidropilik, artinya dapat menyerap air. Sifat ini tidak baik bagi suatu isolator, karena dapat menurunkan resistansi permukaan bahan dan menurunkan nilai tegangan *flashover*. Maka untuk memperbaiki permukaan bahan agar bersifat hidropobik, maka ke dalam bahan ditambahkan material pengisi yaitu karet silikon.

Pengaruh terhadap Sudut Kontak

Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan antara persentase karet silikon dengan sudut kontak. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan persentase karet silikon, menyebabkan sudut kontak cenderung meningkat, hal ini disebabkan karena sifat karet silikon bersifat hidrofobik atau menolak air.

Nilai sudut kontaknya berkisar antara 74° sampai dengan 99° . Berdasarkan klasifikasi sudut kontak, maka bahan ini dapat dikategorikan bersifat basah sebagian (*partially wetted*) dan menolak air (hidropobik). Tetapi ada beberapa data yang cenderung turun, hal ini disebabkan pembuatan sampel yang tidak homogen.



Gambar 9 Grafik sudut kontak

Pengaruh Terhadap Arus Bocor

Hasil pengukuran arus bocor ini ditunjukkan oleh gambar gelombang tegangan pada osiloskop. Nilai gelombang tegangan ini merupakan tegangan masukan osiloskop dari rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan diperlukan untuk mengatasi *input* tegangan besar masuk ke dalam osiloskop. Besarnya nilai arus bocor dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

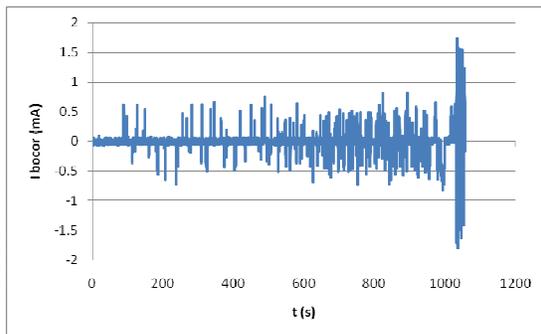
$$I_1 = 0.0240735 V_{CF} \quad (1)$$

Dengan :

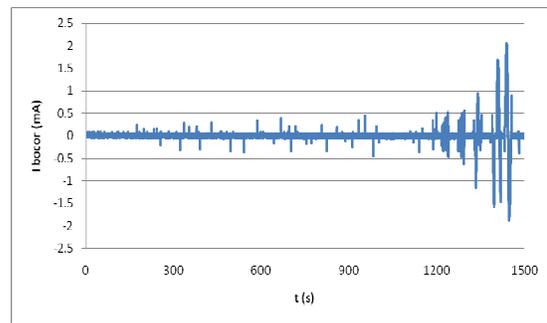
I_1 = arus bocor (mA)

V_{CF} = tegangan terbaca di osiloskop (mV).

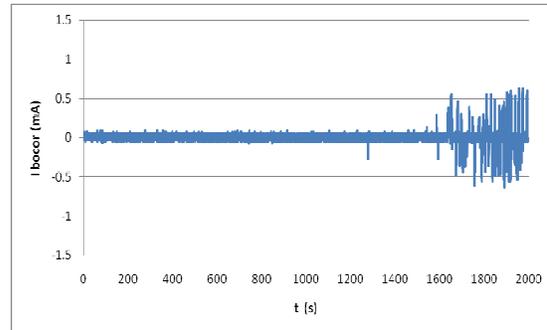
Hasil pengukuran arus bocor pada permukaan bahan resin epoksi dengan variasi persentase karet silikon ditunjukkan pada gambar berikut :



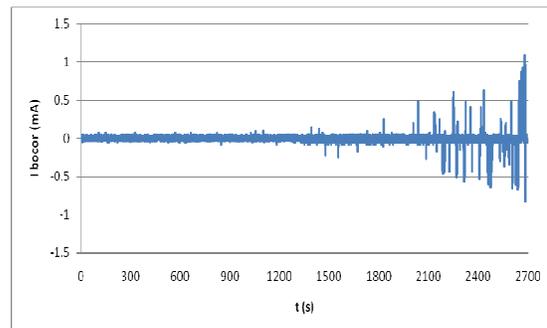
Gambar 10 Hasil pengukuran arus bocor R9S1



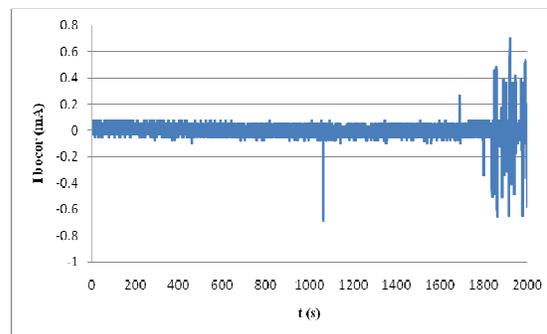
Gambar 11 Hasil pengukuran arus bocor R8S2



Gambar 12 Hasil pengukuran arus bocor R7S3

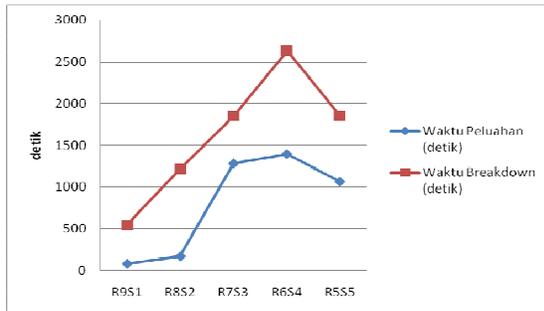


Gambar 13 Hasil pengukuran arus bocor R6S4



Gambar 14 Hasil Pengukuran Arus Bocor R5S5

Berdasarkan hasil pengukuran pada gambar 10 sampai dengan 14, maka dapat dibuat kedalam suatu grafik hubungan antara persentasi karet silikon dengan waktu peluahan dan *breakdown*, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 15. Berdasarkan gambar 15 tersebut dapat diketahui bahwa semakin meningkat konsentrasi karet silikon dalam bahan resin epoksi, maka waktu yang diperlukan untuk terjadi peluahan pertama pada permukaan bahan semakin lama.



Gambar 15 Grafik waktu peluahan dan *breakdown*.

Demikian juga waktu yang diperlukan untuk terjadi *breakdown* pada permukaan bahan cenderung semakin lama. Hal ini menunjukkan bahwa untuk terjadi peluahan pada permukaan semakin sulit, karena sifat permukaan bahan yang semakin hidropobik (menolak air). Meningkatnya sifat hidropobik permukaan ditunjukkan dengan semakin besarnya sudut kontak hidropobik yang dibentuk. Dengan demikian, kehadiran kontaminan cair pada permukaan bahan cenderung ditolak, peluahan semakin sulit terjadi^[6,7].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa penambahan karet silikon pada bahan resin epoksi berpengaruh signifikan terhadap sudut kontak dan arus bocor permukaan.

Semakin banyak persentasi karet silikon yang ditambahkan ke dalam resin, maka sudut kontak semakin meningkat. Demikian juga akan meningkatkan waktu untuk terjadinya peluahan pertama dan waktu terjadinya *breakdown*.

Namun demikian terdapat pula data yang menunjukkan dimana kenaikan persentasi karet silikon ini mengakibatkan sudut kontak turun, waktu peluahan dan waktu *breakdown* menurun.

Daftar Pustaka

- Berahim H, Sirait KT, Soesianto F, Tumiran, (2003), " *A New Performance of RTV Epoxy Resin Insulation Material in Tropical Climate* " Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Application Dielectric Materials, June 1-5 2003 Nagoya.

- J.A. Brydson, " *Plastic Materials* " 4th edition, Butterworth Scientific, 1982 p.693-695
- Berahim H, (2005), " *Metodologi untuk mengkaji kinerja isolasi polimer resin epoksi silane sebagai material isolator tegangan tinggi di daerah tropis* ", Dessertasi, Teknik Elektro Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- BS 5604:1986, IEC 587:1984, " *Methods for Evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions* ", British Standards Institution, British standard (BS).
- Ika Novia A, (2010), " *Pengaruh komposisi bahan isolasi Resin Epoksi dengan bahan pengisi Silicone Rubber terhadap proses tracking dan erosi* " Thesis Magister, Jurusan Teknik Elektro UGM.
- Abdul Syukur, Tumiran, Hamzah Berahim, Rochmadi, (2010) " *An Investigation on Surface Tracking on Epoxy Resin Materials* " Proceedings of 15th Asian Conference on Electrical Discharge, Xian, China, 7 – 10 Nopember 2010.
- M.A.M Piah, (2004), " *Leakage Current and Surface Tracking characterization of new natural rubber-based material for High Voltage insulation* " Thesis Universiti Teknologi Malaysia.

