

Pengaruh Radiasi UV Buatan Terhadap Kerusakan Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane

Yanolanda Suzantry H¹, Suharyanto²

Abstract—Polymer is now developed as the material replacement of the porcelain isolator and glass insulators. However, tropical climates and high rainfall can cause problems to its. Ultraviolet radiation will continuously accelerate to the surface of the polymer insulator material. As a result, the surface of the insulating material becomes easier letting electric current flow and a fast formation of extensive damage to the surface of the insulator material. Materials used in this study were made from epoxy resin diglycidyl ether of bisphenol-A (DGEBA) as the base material, metaphenylen diamine (MPDA) as the reinforcement material and silica sand. DGEBA and MPDA composition was 30% silica sand filler 30%, 25%, 20%, 15%, 10% and 10% silicone rubber was 15%, 20%, 25%, 30%. The size of the test material was 120 mm x 50 mm x 5 mm. The study was conducted in the laboratory according to standard IEC 587: 1984. This study was conducted to determine the effect of ultraviolet radiation on hydrophobic contact angle and surface damage on the broad value of insulation material epoxy resin silanes. The results showed that the length of exposure time to UV light tended to increase the value of the contact angle. This was due to exposure to artificial UV rays which would accelerate the degradation process. The longer the level of ultraviolet radiation on the sample accelerating the degradation off silane epoxy resin insulators in addition, it caused greater leakage current on extensive damage to the surface of the insulating material.

Intisari— Material polimer saat ini dikembangkan sebagai pengganti material isolator porselin dan gelas. Tetapi pemasangan di daerah beriklim tropis dan bercurah hujan tinggi dapat menimbulkan permasalahan. Radiasi sinar ultraviolet secara terus menerus akan mempercepat terjadinya proses degradasi. Akibatnya permukaan bahan isolasi menjadi lebih mudah mengalirkan arus listrik dan cepat terbentuknya luas kerusakan permukaan pada bahan isolator. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah resin epoksi yang terbuat dari *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA) sebagai bahan dasar, *metaphenylen diamine* (MPDA) sebagai bahan penguat dan diberi bahan pengisi *sealant* dan pasir silika. Komposisi bahan DGEBA dan MPDA dibuat sama yaitu masing-masing 30% sedangkan bahan pengisi pasir silika 30%, 25%, 20%, 15%, 10% dan *silicone rubber* 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. Ukuran bahan uji adalah 120 mm x 50 mm x 5 mm. Penelitian dilakukan di laboratorium menurut standar IEC 587 : 1984. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh radiasi sinar ultraviolet terhadap sudut kontak hidropobik dan nilai luas kerusakan permukaan pada bahan isolasi resin epoksi *silane*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lamanya waktu paparan sinar UV cenderung membuat nilai sudut kontak suatu bahan semakin kecil dan arus bocor pada permukaan bahan akan

semakin meningkat sehingga mempercepat terbentuknya luas kerusakan permukaan.

Kata Kunci— Sinar UV, Sudut Kontak, Luas Kerusakan Permukaan, *silane*, pasir silika.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu isolator yang banyak digunakan pada saat ini adalah isolator gelas dan isolator keramik. Isolator jenis ini mempunyai rapat massa tinggi sehingga dalam penggunaannya akan membebani menara transmisi karena berat isolator dan memerlukan suhu pembuatan yang tinggi sehingga memerlukan energi yang besar untuk pembuatannya.[1]

Kinerja suatu isolator seperti yang telah disebutkan di atas sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat isolator terpasang. Adanya perubahan suhu, kelembaban, tekanan dan tingkat polusi di tempat isolator dipasang sangat berpengaruh terhadap kinerja bahan isolator ini. Lapisan polutan yang melekat pada isolator dalam kondisi kering mempunyai resistansi tinggi, tetapi pada kondisi basah zat pengotor ini akan menurunkan kuat dielektrik permukaan isolator. Keadaan ini menyebabkan garam yang terkandung dalam polutan membentuk larutan elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik[2], [3]. Adanya polutan di udara yang dapat menempel pada permukaan material dan dapat mengendap sehingga dapat mempengaruhi atau menambah kekasaran permukaan material isolator. Saat terjadi hujan larutan polutan dapat membentuk jalur konduktif yang dapat menyebabkan arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator. Adanya arus bocor tersebut dapat mengakibatkan degradasi permukaan isolator. Dengan adanya jalur yang mengalirkan arus, maka permukaan isolator akan timbul panas yang justru akan mengeringkan polutan pada permukaan isolator. Dari peristiwa tersebut muncullah daerah yang disebut pita kering (*dryband*) atau luas kerusakan permukaan pada bahan isolasi. Adanya *dryband* memicu terjadinya pelepasan muatan ke udara karena distribusi medan listrik pada *dryband* lebih tinggi dibanding daerah lainnya. Jika *dryband* semakin meningkat, maka semakin lama akan menyebabkan terjadinya flashover yang merupakan kegagalan suatu isolator[4].

Selain akibat polutan yang menempel pada permukaan isolator, radiasi sinar UV juga akan mempercepat terjadinya proses degradasi yang dapat dilihat dengan terjadinya perubahan warna dan munculnya pengapuran pada permukaan isolasi polimer[6]. Untuk mengatasi kelemahan pada isolator polimer, ditambahkan bahan *silane* atau *silicone rubber* yang memiliki sifat hidrofobik yang tinggi, bahkan mampu memulihkan sifat hidrofobiknya sehingga pada kondisi

¹Mahasiswi Pasca Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jln.Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta 55281 INDONESIA (tlp: 0274-552 305; fax: 0274-510983; e-mail: yanolanda_msee11@mail.ugm.ac.id)

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Jalan Grafika no.2 Yogyakarta, 55281, INDONESIA

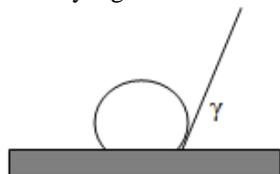
lembab tidak terbentuk lapisan air yang kontinyu sehingga konduktifitas permukaan isolator tetap rendah, dengan demikian arus bocor sangat kecil serta memiliki sifat dielektrik yang baik, sangat ringan, mudah penanganan dan pemasangannya[7].

Makalah ini melaporkan hasil penelitian pengaruh radiasi sinar UV buatan yang berbeda-beda terhadap unjuk kerja isolator dengan pengisi pasir silika dan *sillicone rubber*. Kontaminan yang digunakan adalah NH_4Cl . Sedangkan parameter unjuk kerja isolator yang diamati adalah sudut kontak hidropobik dan luas kerusakan permukaan bahan isolasi yang diperoleh yang digunakan untuk analisa unjuk kerja isolator pada saat dipaparkan radiasi sinar UV buatan.

B. Sudut Kontak

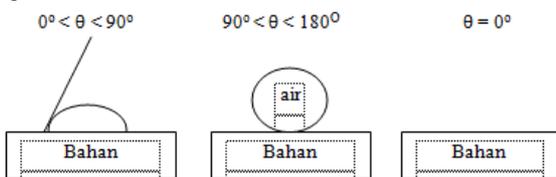
Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh ke permukaannya. Sifat hidrofobik paling 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[1].

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



Gbr. 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.



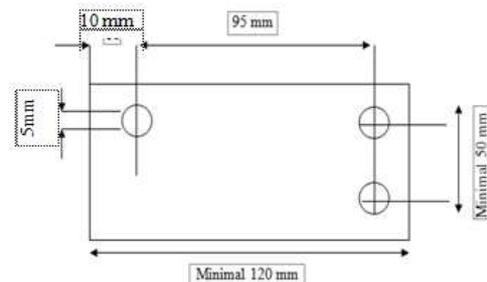
a. Basah Sebagian b. Tidak basah c. Basah Keseluruhan
Gbr. 2 Klasifikasi Sudut Kontak [7]

II. METODOLOGI

Pengujian terhadap karakteristik bahan uji isolator adalah pengujian terhadap arus bocor kritis pada permukaan bahan dilakukan dengan metode *Inclined-Plane Tracking (IPT)* yang diatur dalam *IEC 587:1984* yang dialiri oleh polutan *Ammonium Chloride* (NH_4Cl) dengan kadar polutan yang sama dan kemudian disinari dengan sinar ultraviolet dengan lama penyinaran antara 0 sampai 48 jam [5].

A. 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 [5].



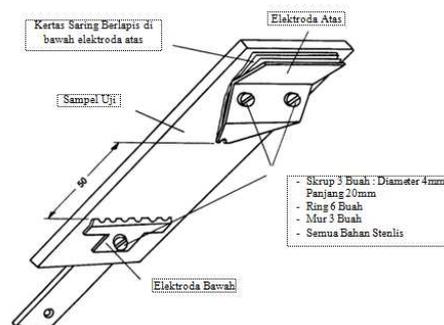
Gbr. 3 Dimensi Sampel Uji [5]

TABEL I
KOMPOSISI PENYUSUN SAMPEL

Sampel	Resin Epoksi		Pengisi (Filler)	
	DGEBA (%)	MPDA (%)	Silicone Rubber (%)	Pasir Silika (%)
RTV21	30%	30%	10%	30%
RTV22	30%	30%	15%	25%
RTV23	30%	30%	20%	20%
RTV24	30%	30%	25%	15%
RTV25	30%	30%	30%	10%

Elektroda

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



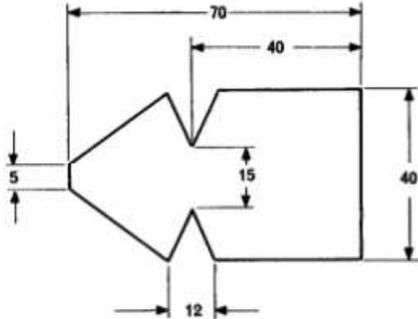
Gbr. 4 Letak Posisi Elektroda Atas dan Bawah [7]

Kontaminan

- 1) Spesifikasi yang digunakan adalah $0.1 \pm 0.002\%$ kualitas analitik massa NH_4Cl (*ammonium chloride*) dan $0.02 \pm 0.002\%$ massa iso *octyphenoxypolyethoxyethanol* atau

air yang dide-ionkan. Kontaminan ini seharusnya memiliki resistifitas $3.95 \pm 0.05 \Omega m$ pada $23 \pm 1^\circ C$. Kontaminan tidak boleh berumur lebih dari empat minggu dan resistifitas seharusnya dicek sebelum setiap pengujian seri.

- 2) Kertas saring delapan layer, yang dijepitkan antara elektroda atas dan bahan uji sebagai reservoir kontaminan.



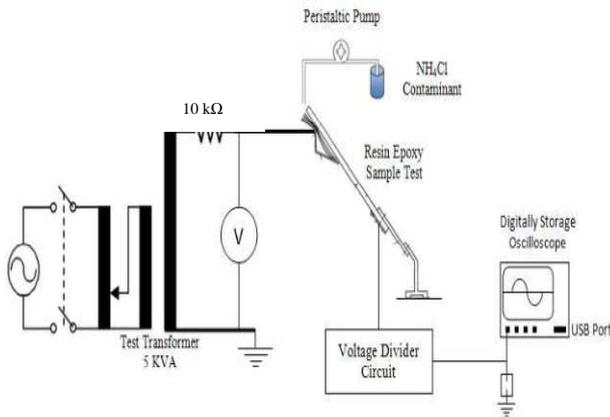
Keterangan : Satuan dalam mm

Gbr. 5 Kertas Saring 8 lapisan [5]

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

B. Rangkaian Ujian

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



Gbr. 6 Rangkaian Skematik [5]

Rangkaian uji ini terdiri atas :

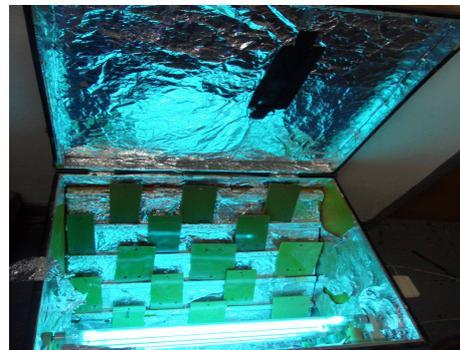
- 1) Power suplai 48 Hz – 62 Hz dengan tegangan output stabil $\pm 5\%$ yang dapat divariasikan sampai 6 kV dengan arus rata-rata tidak kurang dari 0.1 A untuk setiap bahan uji. Diutamakan tegangan pengujian 2.75 kV.
- 2) Resistor 200 W dengan toleransi $\pm 10\%$ dihubung seri dengan setiap bahan uji 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.

C. Penyinaran Sinar Ultraviolet

Pengaruh sinar ultraviolet terhadap bahan isolator resin epoksi dapat diketahui dengan melakukan uji pengaruh sinar ultraviolet. Penyinaran dilakukan dalam sebuah ruangan berukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm dengan kemiringan 450° (standar ASTM 2303). Ruangan ini dibuat dari kayu dengan dilapisi dengan aluminium foil pada sisi dalamnya dengan tujuan agar sinar ultraviolet dapat terpancar secara optimal dan mencegah bocornya sinar ultraviolet ke luar kotak. Daya tampung kotak ini dapat berisi bahan uji sampel isolator hingga sejumlah 15 buah.

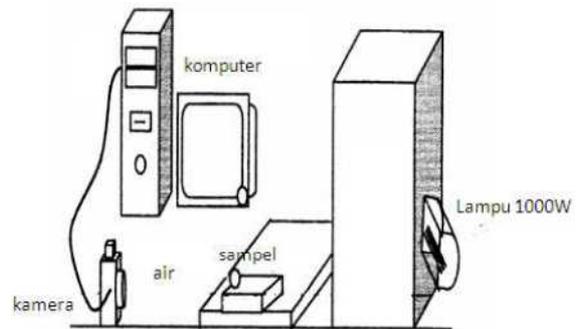
Sumber sinar ultraviolet di laboratorium tempat penelitian berasal dari 4 buah lampu TL ultraviolet 15 watt merk *Philips* untuk meyimulasika radiasi ultraviolet yang berintensitas daya UV rata – rata $21,28 \text{ watt/m}^2$. Untuk bentuk penyinaran sinar ultraviolet pada sampel isolator lebih jelasnya dapat dilihat pada Gbr. 7.



Gbr. 7 Kotak Penyinaran UV [5]

D. 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.



Gbr. 8 Rangkaian Pengukuran Sudut Kontak [4]

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. Gbr. 8 adalah rangkaian pengujian sudut kontak.

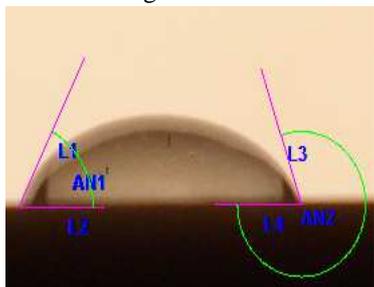
Langkah-langkah untuk mengukur sudut kontak adalah dengan menyalakan lampu sebagai sumber cahaya tambahan agar titik air yang difoto tampak jelas. Meletakkan bahan uji dan menghidupkan kamera. Bahan uji diposisikan sedemikian rupa sehingga pada layar kamera tidak terlihat permukaan bahan uji bagian belakang (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.

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Sudut Kontak Hidrofobik

Besar sudut kontak permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung melalui pemotretan dengan kamera digital yang kemudian disimpan pada komputer. Hasil pemotretan diolah menggunakan software Image Pro Plus untuk mendapatkan sudut kontak pada sisi kanan dan sisi kiri sampel uji yang diukur. Contoh perhitungan sudut kontak hidrofobik di bawah ini.

Berdasarkan Gbr. 9 tersebut dapat diukur dan dihitung sudut kontak rata-rata sebagai berikut :



Gbr. 9 Pengukuran Sudut Kontak Resin Epoksi Silane dengan Pemaparan UV 0 Jam

TABEL III
HASIL PENGUKURAN SUDUT KONTAK MENGGUNAKAN SOFTWARE IMAGE PRO PLUS

	Segi	Ukuran	Nilai	Nilai Nominal	Minimal Total	Maksimal Total	Berhasil/Gagal
1	AN1	Sudut	64.43495	64.43495	-.0010	-.0010	Pass
2	AN8	Sudut	296.5651	296.5651	-.0010	-.0010	Pass

Berdasarkan data pada Gbr. 10 diperoleh hasil sebagai berikut.

Sudut Kontak kiri = 68,43°

Sudut Kontak Kanan = 76,95°

Maka, berdasarkan persamaan (1) diperoleh :

Sudut Kontak

$$= \frac{\text{Sudut Kontak Kiri} + \text{Sudut Kontak Kanan}}{2}$$

$$= \frac{68,43 + 76,95}{2} = 72,69$$

Dengan cara yang sama hasil pengukuran dan perhitungan sudut kontak untuk bahan pengujian resin epoksi silane dengan pengisi pasir silika dan memvariasikan pemaparan sinar UVnya dapat dilihat pada tabel IV dan tabel V.

TABEL IV
HASIL PENGUKURAN SUDUT KONTAK

Bahan Pengisi (%)		Durasi Pemberian Sinar UV					
		0 Jam			24 Jam		
Pasir Silika	Silicone Rubber	Sudut kiri	Sudut kanan	Sudut Kontak (°)	Sudut Kiri (°)	Sudut Kanan (°)	Sudut Kontak (°)
30	10	63,43	63,44	63,435	68,45	66,38	67,415
		72,23	64,77	68,5	61,38	62,03	61,705
		68,43	76,95	72,69	60,01	61,79	60,9
25	15	70,46	71,75	71,105	73,39	67,39	70,39
		77,06	76,4	76,73	60,05	59,31	59,68
		74,05	70,4	72,225	67,57	68,75	68,16
20	20	86,99	80,7	83,845	58,17	69,59	63,88
		75,82	82,97	79,395	65,05	62,31	63,68
		83,29	76,72	80,005	73,73	67,17	70,45
15	25	79,15	83,87	81,51	63,97	61,08	62,525
		81,44	76,54	78,99	49,76	34,63	42,195
		85,23	84,49	84,86	71,92	71,92	71,92
10	30	81,06	80,54	80,8	77,87	77,04	77,455
		89,08	80,97	85,025	63,43	73,74	68,585
		86,98	87,78	87,38	68,55	74,33	71,44

Ket: Biru = Sudut Kontak Hidropobik yang Terbaik

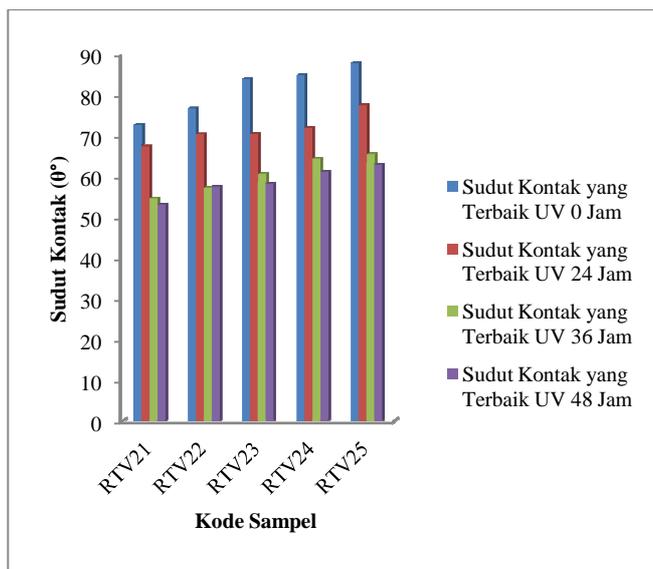
Berdasarkan tabel IV dan tabel V dapat diketahui bahwa nilai sudut kontak berkisar antara 53,19° sampai dengan 87,78°. Ini dapat dikategorikan bersifat *partially wetted* (basah sebagian). Juga dapat diketahui bahwa sampel uji resin epoksi silane yang tidak dipaparkan sinar UV memiliki sudut hidrofobik yang paling baik dan besar dibanding dengan sampel lain, yaitu sebesar 87,78°. Hal ini karena komposisi *silicone rubber* lebih banyak dibandingkan dengan komposisi pasir silika, telah diketahui bahwa sifat dari *silicone rubber* memiliki sifat hidrofobik yang tinggi, bahkan mampu memulihkan sifat hidrofobiknya sehingga pada kondisi lembab tidak terbentuk lapisan air yang kontinyu sehingga konduktivitas isolator semakin rendah.

TABEL V
HASIL PENGUKURAN SUDUT KONTAK

Bahan Pengisi (%)		Durasi Pemberian Sinar UV					
Pasir Silika	Silicone Rubber	36 Jam			48 Jam		
		Sudut Kiri (°)	Sudut Kanan (°)	Sudut Kontak (°)	Sudut Kiri (°)	Sudut Kanan (°)	Sudut Kontak (°)
30	10	40	40,07	40,035	46,1	59,39	52,745
		52,12	57,19	54,655	47,12	48,98	48,05
		56,53	5,59	31,06	53,74	52,64	53,19
25	15	47,79	38,66	43,225	58,76	56,36	57,56
		64,41	50,2	57,305	51,78	47,42	49,6
		48,9	33,4	41,15	39,23	41,19	40,21
20	20	47,39	46,47	46,93	57,91	58,4	58,155
		60,32	61,03	60,675	52,27	52,31	52,29
		43,89	35	39,445	54,29	51,75	53,02
15	25	33,89	36,79	35,34	59,03	63,44	61,235
		52,12	47,81	49,965	55,15	58,08	56,615
		64,17	64,66	64,415	43,15	50,3	46,725
10	30	52,59	55,54	54,065	63,43	60,26	61,845
		46,24	54,33	50,285	64,72	56,74	60,73
		66,94	64	65,47	62,86	62,88	62,87

Ket: Biru = Sudut Kontak Hidropobik yang Terbaik

Grafik hubungan antara sudut kontak dengan durasi sinar UV pada sampel uji dapat dilihat pada grafik Gbr. 10.



Gbr. 10 Grafik Sudut Kontak

Dari grafik Gbr. 10 maka dapat dilihat bahwa, lamanya waktu pemaparan sinar UV cenderung membuat nilai sudut kontak suatu bahan semakin kecil. Hal ini karena dengan pemaparan sinar UV buatan akan mempercepat terjadinya proses degradasi atau penuaan dipercepat yang dapat dilihat dengan terjadinya perubahan warna dan munculnya pengapuran pada permukaan isolasi polimer, sehingga hal ini menyebabkan kinerja bahan isolasi resin epoksi *silane* sebagai sifat hidrofobik akan menurun, hidrofobik ini mempunyai

nilai yang berbanding lurus dengan nilai sudut kontak suatu bahan, semakin baik sifat hidrofobik suatu bahan maka nilai sudut kontak akan semakin besar, sedangkan bila sifat hidrofobiknya suatu bahan jelek, maka nilai sudut kontak suatu bahan akan semakin kecil.

B. Luas Kerusakan Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi *Silane*

Nilai luas kerusakan permukaan bahan isolasi resin epoksi *silane* diperoleh berdasarkan hasil perhitungan dari luas kerusakan yang terjadi di permukaan bahan. Dapat dilihat hasil pengamatan langsung melalui pemotretan kamera digital yang kemudian dihitung menggunakan kertas milimeter blok.

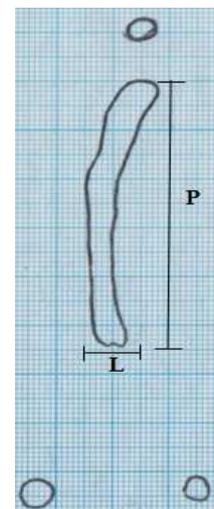


Gbr. 11
Kode Sampel RTV21
dihaluskan



Gbr. 12
Kode Sampel RTV21 yang sudah
dihaluskan

Dari Gbr. 12 diatas dapat dihitung luas kerusakan permukaan bahan dengan menggunakan kertas milimeter blok. Contoh perhitungan luas kerusakan permukaan bahan isolasi resin epoksi *silane*.



Gbr. 13 Perhitungan Luas Kerusakan Permukaan Menggunakan Kertas Milimeter Blok

Berdasarkan Gbr. 13 diperoleh hasil sebagai berikut : jumlah kotak pada luas kerusakan permukaan bahan adalah

300 kotak dan nilai luas 1 kotak dari kertas milimeter blok adalah $0,1 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm} = 0,01 \text{ cm}^2$.

Maka, berdasarkan persamaan (2) diperoleh :

$$L_{\text{kerusakan permukaan}} = \text{Jml kotak pada } L_{\text{kerusakan permukaan bahan}} \times 0,01 \text{ cm}^2$$

$$L_{\text{kerusakan permukaan}} = 300 \times 0,01 \text{ cm}^2 = 3 \text{ cm}^2 = 30 \text{ mm}^2$$

Dengan cara yang sama hasil pengukuran dan perhitungan luas kerusakan permukaan untuk bahan pengujian resin epoksi silane dengan pengisi pasir silika dan memvariasikan durasi sinar ultraviolet dapat dilihat pada tabel V.

TABEL VI
HASIL PERHITUNGAN LUAS KERUSAKAN PERMUKAAN BAHAN ISOLASI

Bahan Pengisi (%)		Luas Kerusakan Permukaan (mm ²)			
Silicone Rubber	Silika	UV 0 Jam	Waktu (detik)	UV 24 Jam	Waktu (detik)
10	30	28,7	46560	29,5	5220
		30	10920	32	4380
		37,2	58.520	11,4	1620
15	25	31,8	13740	34,6	4440
		6,7	3780	19,7	2460
		27	1440	24,5	4500
20	20	51,3	5280	21	1560
		36	4740	36,6	4380
		29,9	8160	24,5	1380
25	15	36,4	1620	37,9	660
		45,7	17580	35,3	9100
		18,7	4080	18,7	1740
30	10	28,8	1020	37,2	3660
		38,3	780	12,3	900
		30,5	3300	28,4	3360

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN LUAS KERUSAKAN PERMUKAAN BAHAN ISOLASI

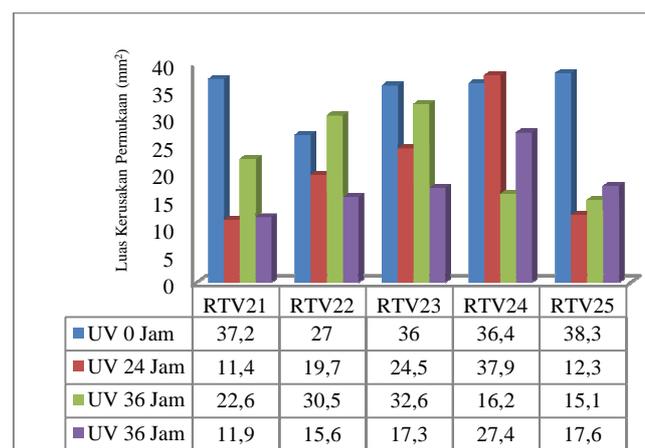
Bahan Pengisi (%)		Luas Kerusakan Permukaan (mm ²)			
Silicone Rubber	Silika	UV 36 Jam	Waktu (detik)	UV 48 Jam	Waktu (detik)
10	30	22,6	6900	22,5	5100
		25,2	10980	28,4	1920
		39,3	8820	11,9	540
15	25	22,8	4380	14,6	4320
		20,4	4620	20,3	2700
		30,5	3840	15,6	780
20	20	14,9	3660	14,6	1440
		33,5	5160	21,8	420
		32,6	300	17,3	300
25	15	27,8	4440	34,7	4260
		36,7	5460	14,1	4380
		16,2	2220	27,4	360
30	10	19	3660	10,2	840
		15,1	360	29,8	1260
		39,6	2460	17,6	360

Ket : Biru = Waktu terbaik dan nilai terbaik luas kerusakan Permukaan bahan isolasi

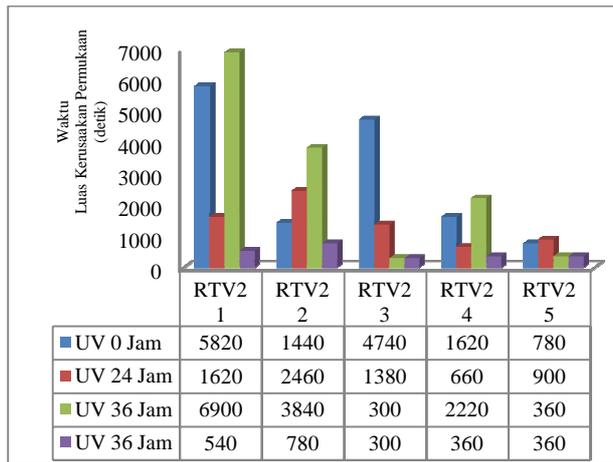
Berdasarkan tabel hasil perhitungan luas kerusakan permukaan bahan isolasi pada bahan pengisi *silicone rubber* 10% dan silika 30% dengan durasi sinar UV 0 jam menghasilkan waktu yang paling lama dalam proses pembentukan luas kerusakan permukaan sebesar 58.520 detik dengan nilai luas kerusakan permukaan sebesar 37,2 mm². Hal ini karena sifat pasir silika dapat meningkatkan sifat mekanis kinerja isolator, meningkatkan konduktivitas termal, menurunkan ekspansi termal dan dapat menurunkan sifat absorpsi air. Karena tidak ada penyinaran UV pada permukaan bahan maka tidak terjadi penuaan dipercepat dan pembentukan luas kerusakan permukaan yang cepat.

Nilai perhitungan luas kerusakan permukaan bahan isolasi pada bahan pengisi *silicone rubber* 30% dan silika 10% dengan durasi sinar UV 48 jam menghasilkan waktu 1260 detik yang adalah paling cepat dalam pembentukan luas kerusakan permukaan sebesar 12,8 mm². Hal ini karena *silicone rubber* jika dipaparkan sinar UV akan adanya mengakibatkan turunnya sifat hidropobik sehingga arus bocor pada permukaan akan meningkat dan mempercepat pembentukan luas kerusakan permukaan isolasi.

Grafik hubungan antara radiasi sinar UV buatan terhadap nilai kerusakan permukaan bahan isolasi resin epoksi *silane* seperti ditampilkan oleh Gbr. 14.



Gbr. 14 Grafik Hubungan Luas Kerusakan Permukaan Bahan Isolasi Terhadap Sinar UV



Gbr. 15 Grafik Hubungan Waktu Luas Kerusakan Permukaan Bahan Isolasi Terhadap Sinar UV

Berdasarkan pengamatan pada grafik (Gbr. 14 dan Gbr. 15) diatas dapat disimpulkan bahwa waktu dan nilai kerusakan permukaan bahan isolasi tergantung pada durasi sinar UV. Jika bahan isolasi tidak dipapari sinar UV maka akan lama terbentuknya luas kerusakan bahan isolasi. Hal ini karena tidak adanya proses pemanasan dan oksidasi yang akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia pada isolator, sehingga permukaan isolator akan mengalami perlambatan degradasi.

Dari gambar grafik 14 dan 15 diatas juga terlihat bahwa dengan diberikan pemaparan sinar UV akan mempercepat waktu pembentukan luas kerusakan permukaan bahan isolasi. Hal ini terjadi karena saat isolator menyerap sinar ultraviolet maka akan terjadi proses pemanasan dan oksidasi yang akan menyebabkan terjadi reaksi kimia pada isolator yang tentunya akan berpengaruh pada besarnya arus bocor. Energi foton yang diserap oleh permukaan isolator akan mengubah karakteristik permukaan bahan uji secara kimia sehingga permukaan isolator akan mengalami degradasi resistivitas permukaan akibat melemahnya ikatan-ikatan gugus fungsional maupun akibat terputusnya ikatan gugus-gugus fungsional [6]. Hal ini mengakibatkan semakin turunnya sifat menolak air (*hydrophobic*) di dalam permukaan bahan isolator tersebut. Hal ini menyebabkan sifat gaya tarik menarik antara molekul-molekul di permukaan bahan isolator dengan kontaminan polutan semakin tinggi. Semakin tinggi sifat adhesivitas pada molekul-molekul kedua bahan akan menyebabkan kontaminan polutan semakin mudah untuk mengalir dari elektroda bertegangan tinggi sampai elektroda pentanahan dan akan cepat ter-*absorpsi* ke dalam permukaan bahan isolator. Ini semua menyebabkan resistansi permukaan bahan isolasi semakin turun, sehingga semakin lama penyinaran sinar UV, memungkinkan terjadinya kenaikan arus bocor dan cepat terbentuknya luas kerusakan pada permukaan bahan isolasi.

A. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Lamanya waktu pemaparan sinar UV membuat nilai sudut kontak suatu bahan semakin kecil. Nilai sudut kontak yang paling kecil sebesar $53,19^\circ$ yang dipapari sinar UV selama 48 Jam. Hal ini disebabkan oleh pemaparan sinar UV buatan yang mempercepat terjadinya proses degradasi.
- 2) Semakin besar sudut kontak permukaan bahan semakin hidrofobik, yang menyebabkan waktu pembentukan luas kerusakan permukaan semakin lama. Sampel dengan sudut kontak terbesar yaitu resin epoksi *silane* 30 % dengan perlakuan 0 jam UV pada kode sampel RTV25 yang memiliki sifat hidrofobik yang besar yaitu $87,38^\circ$.
- 3) Semakin lama penyinaran sinar ultraviolet terhadap bahan uji sampel isolator resin epoksi *silane*, maka arus bocor pada permukaan bahan akan semakin naik dan mempercepat terbentuknya luas kerusakan permukaan bahan isolasi. Luas kerusakan permukaan bahan isolasi yang terbesar bernilai $29,8 \text{ mm}^2$ dengan kondisi dipapari sinar UV selama 48 jam.
- 4) Penyinaran sinar ultraviolet terhadap bahan uji sampel isolator resin epoksi *silane* dapat mempercepat proses terbentuknya luas kerusakan permukaan bahan isolasi dibandingkan bahan yang tidak diberi penyinaran sinar ultraviolet.
- 5) Komposisi bahan resin epoksi *silane* dengan pengisi pasir silika cukup berpengaruh pada proses waktu pembentukan luas kerusakan permukaan. Waktu terbentuknya luas kerusakan permukaan bahan isolasi yang paling lama terjadi pada sampel dengan persentase pasir silikanya 30 % dengan perlakuan 0 jam UV dan kode sampel RTV21.

B. Saran

Penelitian yang telah dilakukan penulis masih banyak kekurangan, untuk itu ada beberapa hal yang perlu ditindaklanjuti untuk penelitian-penelitian berikutnya :

- 1) Perlu dilakukan penelitian pengaruh arus bocor terhadap bahan uji sampel berbahan keramik dengan metode dan jenis polutan yang sama standar *IEC 587:1984* supaya bisa dibandingkan besarnya luas kerusakan permukaan bahan antara kedua jenis sampel ini sehingga tingkat keandalan masing-masing isolator dapat diketahui.
- 2) Diperlukan penelitian selanjutnya tentang penambahan suatu bahan anti ultraviolet pada campuran bahan uji sampel resin epoksi agar bahan isolator ini dapat dipasang dalam isolator pasangan luar dalam waktu yang lama.
- 3) Perlu dicari agar proses pembuatan bahan uji terbebas dari void dan campurannya benar-benar homogen.

REFERENSI

- [1] Berahim, Hamzah, "Metodologi Untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis", Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2005.
- [2] Wahada, Giyarhadi, "Pengaruh Sinar Ultraviolet Terhadap Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Pengisi Pasir Silica Dan Lem Silicone Rubber Terkontaminasi Polutan Parangtritis", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, 2003.
- [3] Hakim, Muhammad Arief Rahman, "Studi Pengaruh UV Terhadap Karakteristik Bahan Isolasi Resin Epoksi Berpolutan Garam (NaCl) Dengan Bahan Pengisi Pasir Silika Dan Lem Silikon", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, 2003.
- [4] Syakur, Abdul., Anggraini, Ika Novia., Sarjiyah., Hamzah Berahim, "Pengaruh Komposisi Bahan Isolasi Resin Epoksi dengan Bahan Pengisi Silicone Rubber terhadap Proses Tracking dan Erosi", Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.
- [5] 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).
- [6] Hakim, Muhammad Arief Rahman, "*Electrical Degradation and Breakdown I Polymer, IEE Material and Device Series*", England, 2003.
- [7] Nurlailati, Abdul Syakur, Sarjiya, Hamzah Berahim, Relationship Between Contact Angle and Stoichiometry Value On Epoxy Resin Polymer Insulating Materials, CTEE, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.
- [8] Lee, Henry, Kris Neville, Epoxy Resins Their Applications And Technology, McGraw-Hill Book Company, INC, Newyork Torondo London, 1957.
- [9] Tobing, Bonggas L., Peralatan Tegangan Tinggi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [10] Arismunandar A., Teknik Tegangan Tinggi, Pradnya Paramita, Jakarta., 1984.