

# ANALISIS PENGARUH SINAR *ULTRAVIOLET* DAN KOMPOSISI *FLY ASH* TERHADAP UNJUK KERJA PERMUKAAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI *SILICONE RUBBER* DENGAN VARIASI INJEKSI TEGANGAN TINGGI

Diah Monica Anggraeni<sup>\*)</sup>, Abdul Syakur, and Hermawan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [diahmonica.anggraeni@gmail.com](mailto:diahmonica.anggraeni@gmail.com)

## Abstrak

Isolator polimer telah dikembangkan untuk menggantikan isolator keramik dan gelas. Salah satu bahan polimer adalah resin epoksi, dimana kelebihanannya ringan, bersifat hidrofobik normal, dan proses pembuatannya cepat. Radiasi sinar *ultraviolet* dapat mempercepat penuaan dan degradasi pada permukaan yang memudahkan mengalirnya arus listrik permukaan. Penelitian ini membahas pengaruh dari paparan sinar *ultraviolet* dan penambahan *fly ash* sebagai bahan pengisi terhadap sudut kontak, waktu *tracking*, serta nilai arus bocor lucutan pertama. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium menggunakan bahan polimer resin epoksi (DGEBA dan MPDA) yang dicampur bahan *silicone rubber* dan *fly ash* dengan variasi komposisi 20% (RTV22), 30% (RTV23) dan 40% (RTV24). Sampel dialiri kontaminasi dengan resistivitas  $3,95 \pm 0,05 \Omega\text{m}$  dan diberi pengaruh sinar *ultraviolet* selama 0, 24, 48, 72 dan 96 jam. Pengukuran arus bocor menggunakan metode *Inclined-Plane Tracking* (standar IEC 587 : 1984) dengan variasi tegangan 3 kV dan 3,5 kV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi bahan pengisi resin epoksi dan penyinaran sinar *ultraviolet* sangat mempengaruhi besarnya sudut kontak, besarnya nilai arus bocor lucutan pertama, dan lamanya waktu *tracking*. Setelah diukur diperoleh data sebelum dan sesudah diberi pengaruh sinar *ultraviolet* sampel RTV23 lebih baik jika dibandingkan dengan sampel RTV22 dan sampel RTV24.

*Kata kunci: isolasi polimer, sinar ultraviolet, arus bocor, waktu tracking, sudut kontak.*

## Abstract

Polymer insulators have been developed to replace ceramic and glass insulators. One polymeric material is an epoxy resin, where the excess is mild, normal hydrophobic, and the preparation process is rapid. Ultraviolet ray radiation can accelerate aging and degradation on surfaces that facilitate the flow of surface electrical currents. This study discusses the effects of ultraviolet light exposure and the addition of fly ash as a filler material to the contact angle, tracking time, and the first leakage current leakage value. This research was conducted on laboratory scale using epoxy resin polymer material (DGEBA and MPDA) mixed with silicone rubber and fly ash with variation of composition 20% (RTV22), 30% (RTV23) and 40% (RTV24). The samples were contaminated with resistivity of  $3.95 \pm 0.05 \mu\text{m}$  and were subjected to ultraviolet light for 0, 24, 48, 72 and 96 hours. Measurement of leakage current using Inclined-Plane Tracking (standard IEC 587: 1984) with variation of 3 kV and 3.5 kV. The results showed that the composition of epoxy resin filler and ultraviolet light irradiation greatly affected the angle of contact, the value of the first leakage current leakage, and the length of tracking time. After the measurements, the data obtained before and after the ultraviolet rays of RTV23 sample were better than the RTV22 and RTV24 samples.

*Keywords: insulation polymer, ultraviolet light, leakage current, tracking time, contact angle*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Dengan meningkatnya penggunaan energi listrik maka dibutuhkan suatu sistem penyaluran tenaga listrik yang handal dan memadai. Untuk merealisasikan hal tersebut perlu adanya perhatian terhadap setiap material pada suatu

sistem penyaluran tenaga listrik. Salah satunya dengan menjaga kinerja isolator. Isolator dalam pemakaiannya mengalami penuaan yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan, seperti adanya perubahan suhu, iklim, radiasi sinar matahari dan lain sebagainya [1].

Pemilihan jenis isolator yang digunakan dalam suatu jaringan transmisi maupun distribusi perlu

mempertimbangkan karakteristik mekanis maupun elektriknya. Secara mekanis isolator harus kuat menahan beban yang diberikan pada isolator tersebut, sedangkan secara elektrik harus mampu memisahkan dua bagian yang bertegangan sehingga tidak terjadi kebocoran arus dan hubung singkat atau dalam skala yang lebih tinggi yaitu tidak terjadi *flashover* (lewat denyar) [2].

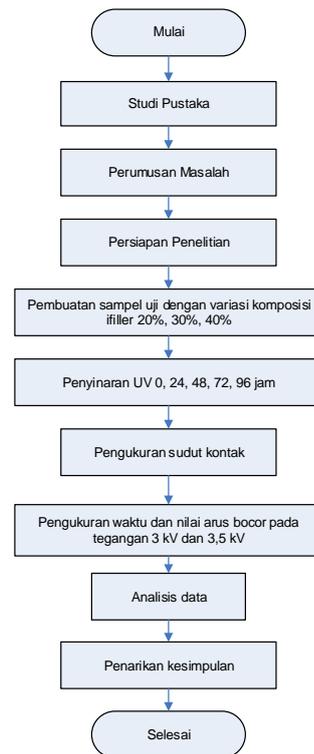
Material isolator yang banyak digunakan pada sistem tenaga listrik di Indonesia sampai saat ini adalah berbahan dasar porselen/keramik dan gelas. Kelebihan isolator jenis ini yaitu diantaranya harganya cukup murah dibandingkan dengan isolator polimer, memiliki kekuatan tarik sebesar 400-900 kg/cm<sup>2</sup>, tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan sehingga tidak mudah mengalami degradasi, selain itu juga mempunyai kekuatan dielektrik dan sifat thermal yang baik. Namun isolator jenis ini memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat, mudah pecah, dan permukaannya yang bersifat menyerap air (*hygroscopic*) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan kegagalan isolasi [3].

Salah satu alternatif untuk mengatasi kelemahan porselen dan gelas adalah digunakan isolator polimer. Meskipun isolator polimer lebih mahal daripada isolator berbahan porselen dan gelas, isolator ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain: tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan sehingga tidak mudah mengalami degradasi, sifat dielektrik dan sifat termal lebih baik, konstruksi relatif lebih ringan, dan proses pembuatan relatif lebih cepat [4]. Isolator dengan bahan isolasi polimer semakin banyak dipakai pada saluran transmisi dan distribusi dengan tingkatan tegangan semakin tinggi, dan telah dipasarkan secara massal [5].

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan 2 metode, yaitu pengukuran sudut kontak dan pengukuran arus bocor. Kedua metode tersebut memiliki tahapan penelitian seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.2. Sampel uji

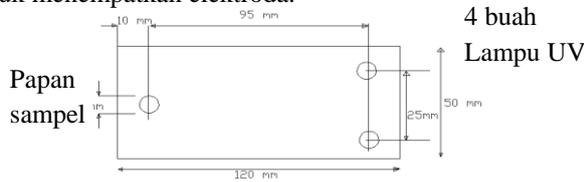
Komposisi campuran sampel uji dapat dilihat pada tabel 1. Total pembuatan sampel uji adalah berjumlah 60 buah, yang terdiri dari lima variasi perlakuan sinar *ultraviolet*, tiga variasi komposisi bahan pengisi dan dua variasi perlakuan injeksi tegangan dimana setiap variasi pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali dengan sampel uji yang berbeda.

Tabel 1. Komposisi penyusun sampel uji.

Komposisi Bahan Pengisi	Massa fly ash (gram)	Massa Silane (gram)	Massa DGEBA (gram)	Massa MPDA (gram)	Kode Sampel
20%	10	10	40	40	RTV22
30%	15	15	35	35	RTV23
40%	20	20	30	30	RTV24

\*RTV = Room Temperature Vulcanization

Sampel uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk persegi panjang berukuran 120 mm x 50 mm dengan ketebalan 5 mm. Sampel uji harus dibor seperti gambar 2 untuk menempatkan elektroda.

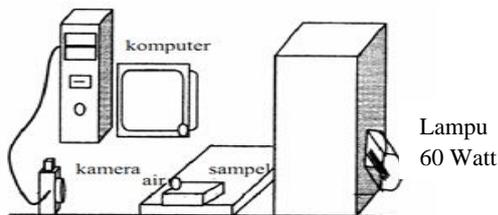


Gambar 2. Dimensi sampel uji [6].

### 2.3. Pengukuran Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak dimaksudkan untuk mengetahui sifat hidrofobik permukaan sampel uji. Sifat hidrofobik ini dapat diketahui dengan mengukur sudut kontak antara sampel uji dengan air destilasi yang ditetaskan pada permukaan (Standar IEC 62073). Jika sudut yang didapat semakin besar, artinya besar kemungkinan bahan tersebut memiliki sifat hidrofobik. Semakin hidrofobik suatu permukaan bahan, maka semakin besar pula kekuatan bahan untuk menahan air agar tidak masuk ke dalam bahan.

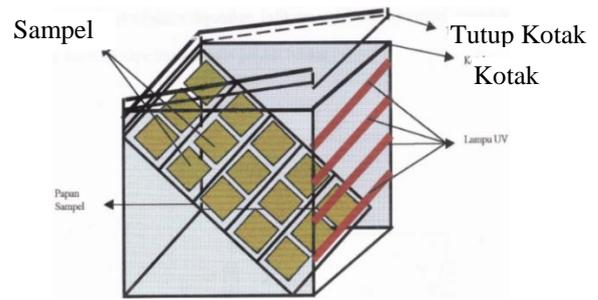
Pengukuran sudut kontak dilakukan pada beberapa sampel uji yang telah diberi penyinaran UV dengan variasi lama waktu penyinaran 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Adapun gambar pengujian sudut kontak diperlihatkan gambar 3.



Gambar 3. Pengujian Sudut Kontak [8]

### 2.4. Penyinaran Sinar Ultraviolet

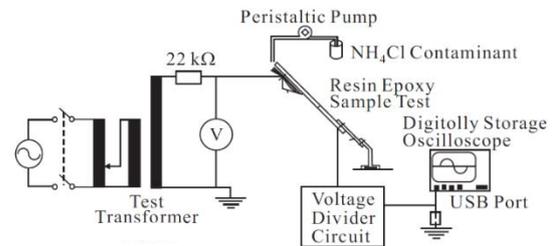
Pengaruh sinar ultraviolet terhadap bahan isolasi resin epoksi dapat diketahui dengan melakukan uji penyinaran yakni 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam dengan lampu TL UV 15 watt yang berfungsi untuk mempercepat penuaan 77,026 kali dari penuaan di lapangan (Standar IEC 1109:1992). Penyinaran dilakukan dalam sebuah ruangan berukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm dengan kemiringan 45° (standar ASTM 2303). Ruangan ini terbuat dari kayu dengan dilapisi aluminium foil pada sisi dalam dengan tujuan agar sinar ultraviolet dapat terpancar secara optimal dan mencegah bocornya sinar ultraviolet ke luar kotak. Kotak tersebut mampu menampung sampel uji sebanyak 15 buah. Bentuk penyinaran sinar ultraviolet lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kotak Penyinaran UV [7,14]

### 2.5. Pengukuran Arus Bocor

Untuk pengukuran arus bocor dalam penelitian ini menggunakan metode *Inclined-Plane Tracking* (IPT) yang merupakan salah satu metode pengukuran arus bocor pada isolasi yang diatur dalam IEC 587:1984.

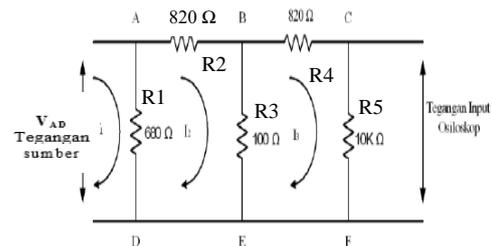


Gambar 5. Rangkaian pengujian arus bocor [9]

Tabel 2. Nilai resistansi resistor seri standar IEC 587:1984

Tegangan test (kV)	Tegangan yang dianjurkan (kV)	Kecepatan aliran polutan (ml/min)	Resistansi resistor seri (kΩ)
1,0 – 1,75	-	0,075	1
2,0 – 2,75	2,5	0,15	10
3,0 – 3,75	3,5	0,30	22
4,0 – 4,75	4,5	0,60	33
5,0 – 5,75	-	0,90	33

Tegangan yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebesar 3 kV dan 3,5 kV. Maka dari itu kecepatan aliran dari polutan yang diberikan adalah sebesar 0,3 ml/min dan resistansi resistor yang dipakai sebesar 22 kΩ. Pengukuran arus bocor menggunakan bantuan osiloskop. Karena tegangan maksimum yang dapat dibaca oleh osiloskop adalah 400 Volt, sehingga dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan seperti yang terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian devider.

Berdasarkan rangkaiannya pada gambar 6, maka diperoleh perhitungan untuk mengetahui besarnya nilai arus  $I_1$  melalui persamaan berikut:

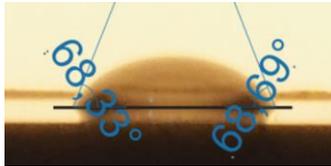
$$I_1 = 0,025679 V_{CF} \quad (2.1)$$

Dimana  $I_1$  merupakan nilai arus bocor yang mengalir pada sampel, dan  $V_{CF}$  menunjukkan tegangan efektif ( $V_{RMS}$ ) yang terbaca pada osiloskop.

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Hasil Pengukuran Sudut Kontak

Hasil pengukuran sudut kontak isolasi resin epoksi *silicone rubber fly ash* dengan tetesan  $NH_4Cl$  dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 7. Sudut kontak permukaan sampel uji.

Tabel 3. Pengukuran sudut kontak sampel uji terkontaminasi  $NH_4Cl$

Lama UV (jam)	Sampel	Sudut kontak (°)					
		RTV22		RTV23		RTV24	
		θ Kiri	θ Kanan	θ Kiri	θ Kanan	θ Kiri	θ Kanan
0 jam	Sampel 1	69,69	69,62	69,84	69,59	54,76	53,03
		69,40	68,20	68,00	68,55	55,08	54,57
		69,89	69,81	67,81	67,75	54,03	54,55
	Sampel 2	60,88	62,34	62,12	60,50	55,03	56,18
		62,56	61,87	64,12	62,53	59,04	59,17
		69,76	67,19	65,34	61,86	54,90	54,99
	Sampel 3	67,06	65,99	69,10	69,40	59,79	56,39
		62,65	66,83	67,76	66,25	49,61	52,05
		65,61	70,02	69,74	69,25	50,64	55,19
	Sampel 4	65,97	67,73	64,41	64,42	61,30	60,56
		68,92	68,54	68,33	68,69	57,10	53,61
		65,33	62,02	72,00	70,35	55,08	58,14
24 jam	Sampel 1	68,08	66,52	68,39	67,15	43,26	43,26
		67,99	68,97	67,31	67,21	41,45	40,63
		65,33	67,66	67,17	67,40	33,69	33,02
	Sampel 2	62,92	60,13	62,03	63,42	50,27	49,59
		62,39	61,76	62,28	62,25	49,79	48,40
		60,13	60,79	60,22	60,10	49,99	50,57
	Sampel 3	64,53	63,77	62,45	60,72	26,00	26,32
		63,48	63,91	62,93	61,06	22,16	25,99
		60,71	62,99	62,08	61,61	18,26	18,92
	Sampel 4	63,93	61,93	66,02	64,06	23,08	19,82
		65,60	64,71	68,18	68,33	21,17	19,58
		59,74	60,17	60,96	60,19	22,48	21,80
48 jam	Sampel 1	19,50	21,80	41,92	44,69	31,29	28,88
		28,02	25,71	38,91	40,60	16,16	16,96
		25,31	26,96	42,71	42,33	19,21	15,35
	Sampel 2	15,62	19,45	51,22	50,53	13,43	13,03
		27,17	25,06	35,60	42,63	15,55	19,52
		27,10	29,66	32,69	30,65	12,62	12,05
	Sampel 3	33,40	28,72	41,36	41,22	14,97	15,00
		32,35	30,27	40,45	40,36	11,63	14,20
		26,49	18,44	45,91	46,47	11,17	16,77
	Sampel 4	16,78	16,39	33,88	30,53	10,17	16,41
		10,36	11,91	30,62	27,72	44,56	43,36
			13,88	16,13	39,75	43,79	14,44

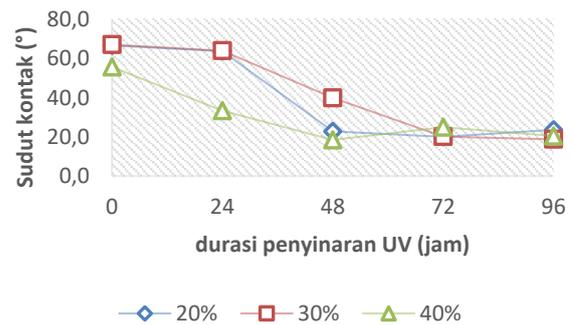
Lanjutan Tabel. 3

72 jam	Sampel 1	21,16	17,93	20,18	20,78	12,99	14,62
		18,57	18,05	19,92	18,22	14,35	14,36
		18,98	19,63	19,4	20,92	15,45	16,07
	Sampel 2	22,02	21,29	30,45	22,16	38,45	29,15
		20,49	19,65	21,99	21,25	31,12	29,06
		20,37	18,13	20,07	20,66	31,10	29,95
	Sampel 3	17,76	16,64	20,18	20,32	29,29	28,61
		19,11	19,69	17,14	16,23	25,84	34,69
		21,29	19,28	17,83	19,34	37,93	33,34
	Sampel 4	19,82	20,07	16,76	19,36	24,35	23,05
		27,57	21,61	17,97	18,44	23,48	22,53
		21,37	19,37	23,50	19,89	17,89	20,36
96 jam	Sampel 1	19,69	17,97	20,90	22,42	16,93	16,80
		17,06	16,39	23,26	23,95	18,44	19,69
		16,87	13,82	21,84	20,10	18,81	16,08
	Sampel 2	45,00	41,89	19,32	17,65	26,93	26,21
		19,20	12,96	17,33	16,56	25,28	23,57
		14,40	13,67	20,62	19,46	27,38	26,60
	Sampel 3	38,95	40,24	16,75	16,50	17,55	21,91
		39,64	31,25	16,56	17,15	16,76	15,62
		35,03	30,89	20,85	25,08	15,35	13,30
	Sampel 4	13,86	15,10	15,24	16,69	23,82	21,91
		18,99	20,06	14,02	14,86	23,41	18,82
		14,62	18,28	14,79	17,41	20,89	17,32

Setelah dilakukan perhitungan nilai rata-rata sudut kontak untuk masing-masing variasi komposisi bahan pengisi dan lama penyinaran UV, maka diperoleh hasil pengukuran pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata hasil pengukuran sudut kontak terkontaminasi larutan  $NH_4Cl$

Lama UV (jam)	Sudut kontak (°)		
	RTV22	RTV23	RTV24
0	66,578	66,988	55,616
24	63,673	63,897	33,313
48	22,770	39,856	18,450
72	19,994	20,123	24,918
96	23,576	18,721	20,391



Gambar 8. Grafik hubungan antara durasi penyinaran UV terhadap sudut kontak rata-rata terkontaminasi  $NH_4Cl$

Penambahan *fly ash* sangat mempengaruhi sifat hidrofobik dari sampel uji yang semula hidrofilik menjadi hidrofobik, namun apabila penambahan komposisi berlebihan maka yang terjadi adalah penurunan sifat hidrofobik dari permukaan sampel uji tersebut. Hal ini dibuktikan dengan sudut kontak yang terbentuk pada saat penyinaran UV 0 jam, sampel RTV24 memiliki sudut kontak  $55,616^\circ$  lebih

rendah jika dibandingkan sampel RTV22 dan sampel RTV23 yaitu masing-masing 66,578° dan 66,988°. Namun untuk sampel RTV23 memiliki grafik yang menurun secara signifikan seperti pada gambar 8. Hal ini terjadi karena sampel RTV23 paling ideal dibandingkan dengan yang lain, komposisi ini tidak mempengaruhi sifat hidrofobik dari *silicone rubber* [10].

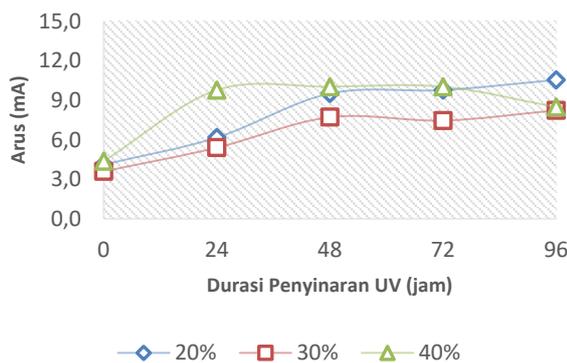
**3.2. Hasil Pengukuran Arus Bocor**

**a. Pengukuran Arus Bocor dengan Tegangan 3 kV**

Dari pengukuran yang telah dilakukan, nilai arus bocor lucutan pertama setiap sampel uji dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5. Hasil pengukuran arus bocor lucutan pertama tegangan 3 kV**

Arus Lucutan Pertama (mA)	Variasi Komposisi Campuran Bahan Pengisi		
	RTV22	RTV23	RTV24
0	5,136	3,081	3,595
	3,081	4,109	5,136
Rata-rata	4,109	3,595	4,365
24	4,109	6,163	9,758
	8,217	4,622	9,758
Rata-rata	6,163	5,393	9,758
48	10,272	6,677	10,272
	8,731	8,731	9,758
Rata-rata	9,501	7,704	10,015
72	9,244	7,190	9,244
	10,272	7,704	10,782
Rata-rata	9,758	7,447	10,013
96	10,785	9,244	10,785
	10,272	7,190	6,163
Rata-rata	10,528	8,217	8,474



**Gambar 9. Grafik arus bocor lucutan pertama tegangan 3 kV**

Data hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin lama penyinaran sinar *ultraviolet* yang dilakukan pada sampel uji, maka menyebabkan semakin besarnya nilai arus bocor lucutan pertama. Pada gambar 9 terlihat bahwa grafik tidak bernilai konstan. Hal ini terjadi karena pembuatan sampel uji yang tidak homogen disebabkan terbatasnya alat pencetakan bahan. Pembuatan sampel uji yang tidak homogen menyebabkan munculnya rongga-rongga udara

pada proses pengadukannya yang ukuran dan jumlahnya tidak sama di setiap sampel uji sehingga terjadi perbedaan kualitas dari sampel yang diuji. Saat sampel uji menyerap sinar *ultraviolet* maka terjadi proses pemanasan dan oksidasi yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia pada sampel yang mempengaruhi karakteristiknya. Gugus atom baru mempunyai sifat fisis dan kimia yang berbeda dari gugus semula. Gugus atom tersebut muncul saat terjadi pemutusan ikatan gugus fungsional oleh energi foton yang terserap oleh sampel uji sehingga berpengaruh pada karakteristiknya [11].

Penambahan komposisi bahan pengisi juga mempengaruhi besarnya arus bocor lucutan pertama. Pada penyinaran UV 24 jam sampel RTV23 memiliki nilai arus bocor lucutan pertama 5,393 mA paling rendah dibandingkan dengan sampel RTV22 dan RTV24 yang bernilai masing-masing 6,163 mA dan 9,758 mA. Penambahan komposisi bahan pengisi berfungsi untuk memperbaiki sifat dari resin epoksi yang semula hidrofilik menjadi hidrofobik, namun apabila penambahan komposisi berlebihan maka yang terjadi adalah penurunan sifat hidrofobik dari permukaan sampel uji tersebut. Semakin hidrofobik suatu bahan, maka resistivitasnya semakin tinggi. Resistivitas dari suatu sampel uji mempengaruhi arus yang mengalir di permukaan, karena arus mengalir pada bahan dengan resistansi yang lebih rendah.

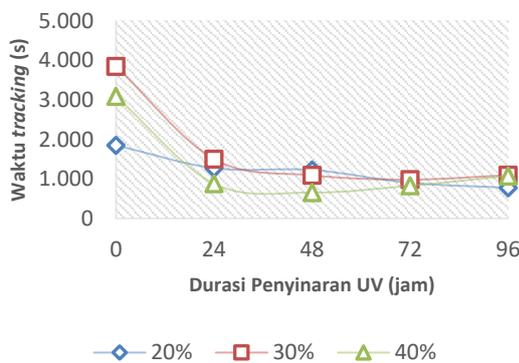
Penelitian ini juga membahas mengenai waktu yang dibutuhkan untuk terbentuknya *tracking* pada sampel uji sepanjang 25 mm. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Hasil pengukuran waktu tracking 25 mm tegangan 3 kV**

Waktu tracking 25 mm (s)	Variasi Komposisi Campuran Bahan Pengisi		
	RTV22	RTV23	RTV24
0	1729	3066	3157
	1967	3435	3016
Rata-rata	1848	3251	3087
24	1416	1466	881
	1129	1535	878
Rata-rata	1273	1501	880
48	935	1069	649
	918	1112	662
Rata-rata	927	1091	656
72	1004	920	839
	797	1046	816
Rata-rata	901	983	828
96	763	1063	1216
	791	1125	936
Rata-rata	777	1094	1076

Dari data diatas menunjukkan bahwa semakin lama penyinaran sinar *ultraviolet* yang dilakukan pada sampel uji menyebabkan waktu untuk mencapai *tracking* sepanjang 25 mm lebih cepat. Pengaruh sinar *ultraviolet* adalah terjadinya degradasi permukaan sampel uji, sehingga pada akhirnya terjadi keretakan yang akan memperpendek umur sampel uji.

Data hasil pengujian menunjukkan bahwa pada UV 24 jam sampel RTV23 membutuhkan waktu 1.501 detik untuk mencapai *tracking* 25 mm lebih lama dibandingkan dengan sampel RTV22 dan sampel RTV24 yaitu masing-masing sebesar 1.273 detik dan 880 detik. Hal ini dikarenakan nilai arus yang paling kecil berdasarkan data tabel 5 adalah sampel RTV23. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan sampel uji semakin hidrofobik seiring dengan penambahan komposisi. Namun apabila semakin banyak penambahan campuran pengisi (dalam hal ini *fly ash*) maka menurunkan sifat hidrofobik dari permukaan bahan isolasi tersebut dengan ditandai menurunnya sifat hidrofobik pada sampel RTV24.



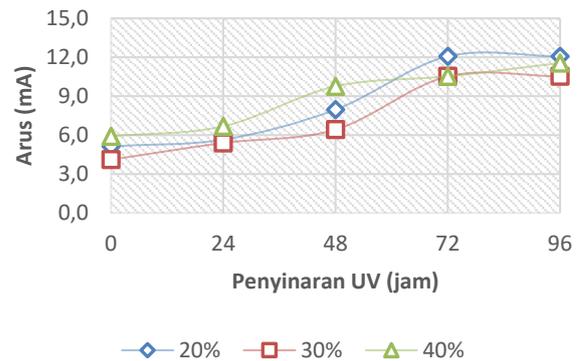
Gambar 10. Grafik waktu *tracking* 25 mm tegangan 3 kV

**b. Pengukuran Arus Bocor dengan Tegangan 3,5 kV**

Dari pengukuran yang telah dilakukan, nilai arus bocor setiap sampel uji dapat dilihat pada tabel 7.

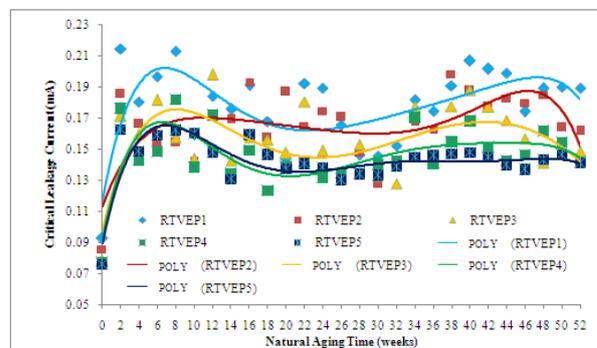
Tabel 7. Hasil pengukuran arus bocor lucutan pertama tegangan 3,5 kV

Arus Lucutan Pertama (mA)	Variasi Komposisi Campuran Bahan Pengisi		
	RTV22	RTV23	RTV24
0	4,109	4,622	7,190
Rata-rata	5,136	4,109	5,906
24	6,163	5,649	8,217
Rata-rata	5,649	5,393	6,677
48	6,163	6,163	7,704
Rata-rata	7,960	6,420	9,758
72	11,299	11,812	11,812
Rata-rata	12,069	10,528	10,528
96	10,272	9,758	10,272
Rata-rata	12,069	10,529	11,556



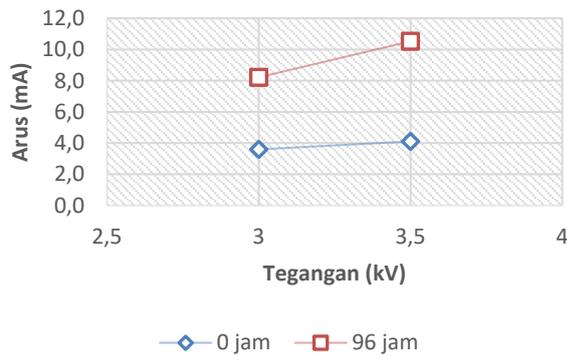
Gambar 11. Grafik arus bocor lucutan pertama tegangan 3,5 kV

Analisis arus bocor lucutan pertama sebagaimana dijelaskan pada sub bab 3.2.1, unjuk kerja bahan menunjukkan fenomena yang sama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama penyinaran sinar *ultraviolet* menyebabkan semakin besarnya nilai arus bocor lucutan pertama permukaan sampel uji. Pada sampel RTV23 untuk UV 0 jam memiliki nilai 4,109 mA, untuk UV 24 jam memiliki nilai 5,393 mA, untuk UV 48 jam memiliki nilai 6,420 mA, untuk UV 72 jam memiliki nilai 10,528 mA dan untuk UV 96 jam memiliki nilai 10,529 mA. Gambar 12 membuktikan bahwa semakin lama sampel uji mengalami penuaan maka nilai arus bocor lucutan pertamanya semakin besar.

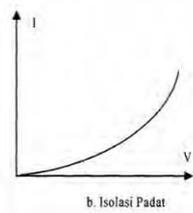


Gambar 12. Arus bocor kritis pada permukaan isolator dengan variasi komposisi pengisi pada penuaan alami 52 minggu [12].

Dari data tabel 5 dan tabel 7 dapat kita lihat bahwa pada komposisi yang sama dan lama penyinaran UV yang sama, arus bocor lucutan pertama yang terjadi ketika diterapkan tegangan 3,5 kV lebih besar dari pada arus bocor lucutan pertama yang timbul ketika diterapkan tegangan 3 kV. Gambar 13 merupakan salah satu grafik perbandingan tegangan dari sampel RTV23 untuk variasi UV 0 jam dan 96 jam. Kemudian gambar 14 membuktikan bahwa perbandingan antara kenaikan tegangan dengan besarnya arus berbanding lurus.



Gambar 13. Hasil perbandingan arus mA terhadap tegangan 3 kV dan 3,5 kV.

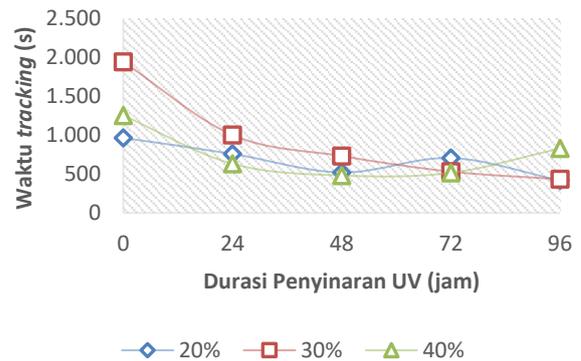


Gambar 14. Pengaruh tegangan terhadap tahanan isolasi [1].

Penelitian ini juga membahas mengenai waktu yang dibutuhkan untuk terbentuknya *tracking* pada sampel uji sepanjang 25 mm. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengukuran waktu *tracking* 25 mm tegangan 3,5 kV

Waktu (s)	Variasi Komposisi Campuran Bahan Pengisi		
	RTV22	RTV23	RTV24
0	995	2025	1262
Rata-rata	964	1941	1252
24	707	1007	616
Rata-rata	759	1001	631
48	517	716	462
Rata-rata	520	731	481
72	542	660	468
Rata-rata	526	530	515
96	403	380	422
Rata-rata	432	484	396
Rata-rata	418	432	409



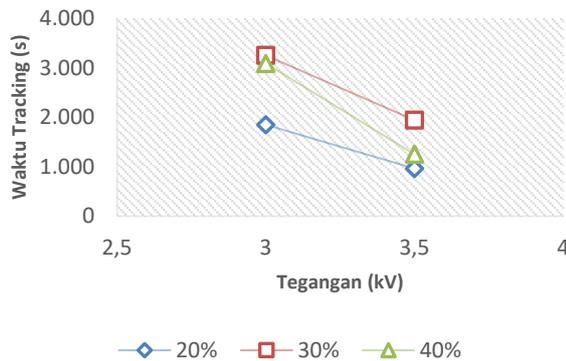
Gambar 15. Grafik waktu *tracking* 25 mm tegangan 3,5 kV

Analisis waktu *tracking* sebagaimana dijelaskan pada sub bab 3.2.1, unjuk kerja bahan menunjukkan fenomena yang sama. Pada RTV23 dibutuhkan waktu *tracking* selama 1.941 detik untuk pengaruh UV 0 jam, 1.001 detik untuk pengaruh UV 24 jam, 731 detik untuk pengaruh UV 48 jam, 530 detik untuk pengaruh UV 72 jam dan 432 detik untuk pengaruh UV 96 jam. Pengaruh sinar *ultraviolet* mengakibatkan degradasi permukaan sampel uji, sehingga pada akhirnya terjadi keretakan yang akan memperpendek umur sampel uji.

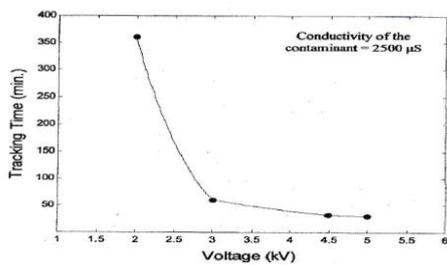
### 3.3. Analisis Perbandingan Pengukuran dengan Tegangan 3 kV dan 3,5 kV

Hubungan antara tegangan terhadap waktu *tracking* adalah semakin tinggi tegangan yang diterapkan, maka semakin cepat waktu *tracking* yang terjadi.

Pada saat pengukuran arus bocor pada permukaan isolasi, data yang digunakan adalah sampel uji yang belum diberi penyinaran sinar *ultraviolet* saja. Karena pada saat sampel uji diberi sinar UV selama 24 jam maupun lebih intensitas radiasi sudah terlalu kuat, sehingga sudah merusak permukaan sampel uji. Dari gambar 16 dapat dilihat bahwa dengan komposisi yang sama, semakin besar tegangan yang diterapkan maka semakin cepat waktu untuk mencapai *tracking* sepanjang 25 mm pada permukaan sampel uji. Hal ini membuktikan bahwa kenaikan tegangan yang diterapkan dapat berpengaruh pada waktu terjadinya kegagalan isolasi. Dari gambar 17 membuktikan bahwa perbandingan antara kenaikan tegangan dengan waktu *tracking* berbanding terbalik.



Gambar 16. Pengaruh kenaikan tegangan pada waktu tracking



Gambar 17. Waktu penjejakan pada bahan HDPE terhadap variasi besaran tegangan [13]

#### 4. Kesimpulan

Setelah mempertimbangkan besarnya nilai sudut kontak, dan waktu untuk tracking sampai 25 mm serta arus bocor lucutan pertama yang mana batas maksimum arus bocor yang diperbolehkan adalah 100 mA [14], sampel RTV23 mempunyai nilai sudut kontak paling besar, arus bocor paling kecil dan waktu tracking yang relatif lama dibanding dengan yang lain. Sehingga didapat komposisi bahan isolasi polimer resin epoksi *silicone rubber fly ash* dengan bahan dasar DGEBA 35 gram, bahan pengeras atau zat pematangnya MPDA 35 gram, dicampur dengan lem *silicon rubber* 15 gram, dan bahan pengisi *fly ash* 15 gram, komposisi tersebut layak diusulkan sebagai bahan isolasi dari isolator tegangan tinggi yang mempunyai kinerja paling optimal.

Dalam pembuatan sampel uji masih banyak void yang muncul akibat dari pencampuran sampel uji yang tidak homogen, oleh karena itu untuk meningkatkan keakuratan data hasil penelitian perlu dilakukan pembuatan sampel uji yang bebas dari void. Selain itu apabila sampel uji sudah diberikan perlakuan terhadap sinar UV, maka pengujian terhadap sampel harus segera dilakukan karena sampel dapat mengalami *recovery* yang bisa mencapai 23% dalam jangka waktu 2 hari sehingga mempengaruhi tingkat akurasi data.

#### Referensi

- [1]. B. L. Tobing, "Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi," 1st ed., Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [2]. A. Arismunandar, *Teknik Tegangan Tinggi*, 4th ed. Jakarta: Pradnya Paramita, 1978.
- [3]. Waluyo, "Pengaruh Komposisi Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Bahan Pengisi Rice Husk Ash (RHA) Terhadap Arus Bocor Dengan Metode IEC 587," *Tugas Akhir, Bengkulu*, 2010.
- [4]. Salama, "Kajian Kinerja Elastomer Silikon Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis," *Disertasi, Inst. Teknol. Bandung*, 2001.
- [5]. Hackam R., "Outdoor High Voltage Polymeric Insulators," in *Proceedings of 1998 International Symposium on Electrical Insulating Materials*, Toyohashi, Japan, 1998, pp. 1-12.
- [6]. 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)*.
- [7]. Hamzah Berahim, "Metodologi Untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis," *Disertasi Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta*, 2005.
- [8]. Syakur, Abdul, R. Wahyu, "Pengaruh Kontaminan terhadap Sudut Kontak Hidropobik dan Karakteristik Arus Bocor pada Sampel Isolator Resin Epoksi Silane" vol.10, no.1, pp. 52-56, 2012.
- [9]. Syakur, Abdul, Hamzah Berahim, Tumiran, Rochmadi, *Experimental Investigation on Electrical Tracking of Epoxy Resin Compound with Silicon Rubber*, High Voltage Engineering, Vol. 37, No. 11, 2011.
- [10]. Kitta, Ikhlas, Salama Manjang, Wihardi Tjaronge, Ritta Irmawaty, *Effect of Coal Fly Ash Filler in Silicone Rubber and Epoxy Resin as Insulating Material in Wet Environmental Conditions*, International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol.16 No:02, 2016.
- [11]. M. A. R. Hakim, "Studi Pengaruh UV Terhadap Karakteristik Bahan Isolasi Resin Epoksi Berpolutan Garam (NaCl) Dengan Bahan Pengisi Pasir Silika Dan Lem Silikon," *Tugas Akhir, Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. UGM, Yogyakarta*.
- [12]. Jaya, Arif, Hamzah Berahim, Tumiran, Rochmadi, "The Performance of High Voltage Insulator Based on Epoxy-Polysiloxane and Rice Husk Ash Compound in Tropical Climate Area", *Electrical and Electronic Engineering*, pp. 208-216, Vol. 2(4), 2012.
- [13]. Amin Muhammad, Amin Salman, Ali Muhammad, 2007, "Monitoring of Leakage Current for Composite Insulator and Electrical Device", UET Taxila, Pakistan.
- [14]. Hermawan, Abdul Syakur, Tommy Perdana, "The surface leakage currents analysis of epoxy resin-silane with silica sand filler insulators in the artificial ageing conditions", *Power Engineering Conference (AUPEC)*, 2012 22nd Australasian Universities.