

# PEMBUATAN DAN ANALISIS PENGARUH KONDISI PERMUKAAN TERHADAP UNJUK KERJA ISOLATOR POLIMER RESIN EPOKSI 20 kV TIPE SIRIP SERAGAM DENGAN VARIASI TEGANGAN UJI

Elok Faiqoh<sup>\*)</sup>, Agung Nugroho, and Abdul Syakur

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

<sup>\*)E-mail:</sup> elokfaiqoh5695@gmail.com

## Abstrak

Isolator merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk menjaga kehandalan sebuah sistem tenaga listrik. Saat ini jenis isolator yang sedang dikembangkan adalah isolator jenis polimer. Isolator polimer memiliki banyak keunggulan dibandingkan isolator keramik dan gelas. Namun karena banyak digunakan sebagai isolator pasangan luar, isolator ini kinerjanya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang secara tidak langsung juga dipengaruhi oleh kondisi permukaan isolator. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan kondisi permukaan awal, halus dan *coating* menggunakan silikon rubber RTV 683. Kondisi pengujian isolator dilakukan pada kondisi kering serta basah dengan variasi tegangan 11-15 kV. Parameter yang diukur yaitu sudut kontak, arus bocor dan THD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolator yang telah mengalami *coating* memiliki hasil yang terbaik. Sudut kontak yang terukur sebesar 91,1°. Saat kondisi kering arus bocornya adalah 2,6-3,10 mA dan nilai THD 14,33-16,59%. Sementara saat kondisi basah arus bocor 3,26-3,77 mA dan nilai THD 12,18-16,43%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa isolator yang telah di *coating* bersifat hidrofobik karena sudut kontaknya lebih dari 90°. Sedangkan menurut IEC 950 *Safety Standart* arus bocor saat kondisi kering sudah dibawah standart yaitu 3,5mA tetapi nilai THD masih di atas standart yang ditentukan oleh IEEE 519-1992 yaitu 5%.

*Kata kunci: isolator polimer, kondisi permukaan, sudut kontak, arus bocor, distorsi harmonik total*

## Abstract

Isolator is tool that serves to maintain the reliability of power system. Type of insulator that is being developed is polymeric insulator. Polymer insulators have many advantages over ceramic and glass insulators. Because it is widely used as external insulator pair, this insulator performance is influenced by environmental conditions that are indirectly affected by the surface condition of the insulator. We tested the condition of the initial surface, smooth and coating using silicon rubber RTV 683. The condition of insulator testing was done on dry and wet condition with variation of 11-15 kV voltage. Parameters measured are contact angle, leakage current and THD. The results showed that the insulator that has experienced coating has the best results. Measured contact angle of 91.1 °. When dry conditions leakage current is 2,6-3,10 mA and THD value 14.33-16.59%. Meanwhile, the wet conditions leakage current is 3.26-3.77 mA and THD value 12.18-16.43%. We can conclude that coated insulator is hydrophobic because the contact angle is more than 90°. While according to IEC 950 *Safety Standart* leakage current when the dry conditions are below the standard is 3.5mA but the value of THD is still above the standard determined by IEEE 519-1992 is 5%.

*Keywords: polymer insulator, surface conditions, contact angle, leakage current, total harmonic distortion*

## 1. Pendahuluan

Isolator adalah alat yang dapat memisahkan secara elektrik dua buah atau lebih penghantar listrik yang berdekatan[1]. Jadi isolator memiliki peranan penting dalam menjaga kehandalan suatu sistem tenaga listrik. Isolator yang banyak dikembangkan saat ini adalah isolator jenis polimer karena lebih ringan, sifat rugi dielektrik yang lebih kecil, resistivitas volume yang lebih tinggi, proses produksi

relatif lebih cepat, dan biaya produksi yang lebih murah [2].

Kinerja isolator pasangan luar sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan isolator. Hal ini dikarenakan saat kondisi permukaan isolator buruk maka dapat terjadi pengendapan kontaminan pada permukaan isolator. Salah satu metode yang telah dikembangkan untuk mengurangi dampak adanya kontaminan pada permukaan isolator

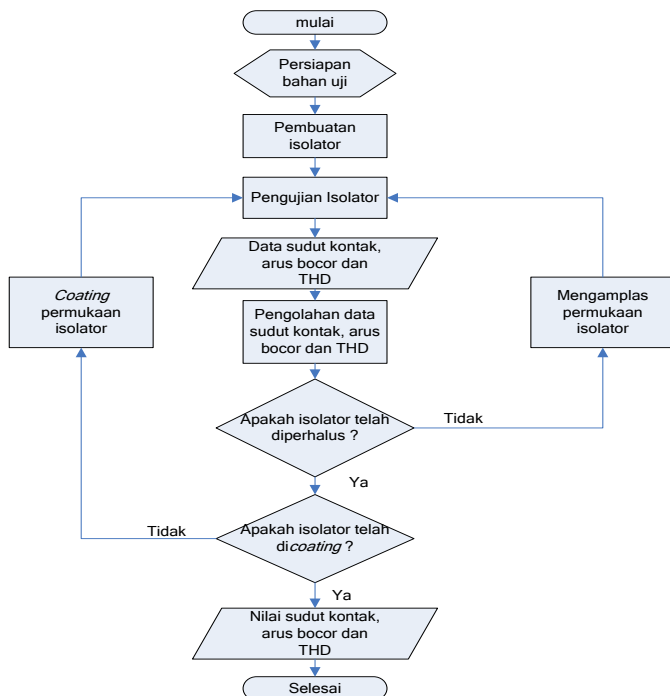
adalah dengan cara melapisi permukaan (coating) dengan menggunakan material tertentu. Diharapkan proses coating ini dapat meningkatkan peforma dan umur isolator [3][4].

Senyawa *silicon rubber* dapat digunakan sebagai bahan pelapis atau *coating* karena memiliki sifat hidrofobik tinggi sehingga mampu mengurangi pengaruh air yang jatuh pada permukaan isolator. Penelitian ini dilakukan untuk menguji kualitas isolator dengan cara mengukur nilai sudut kontak dan arus bocor serta melakukan perhitungan nilai THD sebagai beberapa indikator kualitas sebuah isolator.

Tujuan dari penelitian ini antara lain menganalisis pengaruh kondisi permukaan isolator polimer epoksi resin pengisi *fly ash* dengan melakukan pengujian sudut kontak, melakukan pengukuran untuk memperoleh karakteristik arus bocor pada kondisi kering dan basah, dan menganalisis karakteristik harmonik arus bocor yang meliputi bentuk gelombang, magnitude arus bocor, spektrum frekuensi (*FFT*) dan *total harmonic distortion* (THD) pada keadaan awal, setelah dihaluskan menggunakan kertas amplas dan setelah melalui proses coating menggunakan *silicon rubber* RTV 683.

## 2. Metode

Berikut disajikan diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.1. Pembuatan isolator

#### 2.1.1. Alat dan Bahan

Pada pembuatan isolator epoksi resin ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

- |                     |                   |                |
|---------------------|-------------------|----------------|
| 1. Resin Epoksi A   | 9. Gelas          | 17. Gergaji    |
| 2. Hardener B       | 10. Jangka sorong | 18. Amplas     |
| 3. Fly Ash          | 11. Kaca          | 19. Penggaris  |
| 4. Silicon Rubber   | 12. Solatip       | 20. Spidol     |
| 5. Pipa             | 13. Plastisin     | 21. Aluminium  |
| 6. Timbangan        | 14. Mika          | 22. Lem castol |
| 7. Solet            | 15. Gunting       | 23. Lem epoxy  |
| 8. RTV 683+hardener | 16. Aquades       | 24. Semprotan  |

#### 2.1.2. Langkah Pembuatan

##### 1. Pembuatan alat

Langkah pembuatan isolator adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan semua bahan dan peralatan yang dibutuhkan.
- Memotong pipa peralon berdiameter 4 inci sepanjang 2,5 cm.
- Menghaluskan bagian ujung-ujung pipa dengan amplas 500cc.
- Melapisi kaca dan pipa yang akan dipergunakan dengan plastik mika agar bahan tidak menempel pada cetakan
- Merekatkan pipa dan kaca dengan isolasi
- Menempelkan plastisin pada sambungan antara pipa dan kaca.
- Menimbang bahan polimer epoksi resin A sebanyak 70 gram, hardener B 70 gram, *silicone rubber* 30 gram dan *fly ash* 30 gram.
- Mengaduk bahan polimer epoksi resin, *silicone rubber* dan *fly ash* secara perlahan agar tidak menimbulkan gelembung udara.
- Menambahkan hardener B setelah adonan tercampur secara merata dan mengaduknya kembali sebentar saja.
- Menuangkan adonan bahan ke dalam cetakan dan menyimpannya dalam suhu ruangan (25 °C) selama 1-2 hari.
- Mengulangi langkah 1-10 sebanyak 2 kali.
- Membongkar semua cetakan setelah adonan mengering.
- Membubut semua sirip agar sesuai ukuran yang diinginkan
- Lakukan hal yang sama jika ingin mencetak bagian lain seperti sambungan dan inti, namun pada pencetakan inti tidak perlu diberi lapisan mika dan dilepas dari cetakan.

##### 2. Penyatuan antar Komponen Sampel Uji.

Langkah penyatuan komponen sampel uji yaitu sebagai berikut.

- Menyiapkan komponen yang dibutuhkan yaitu : 3 buah sirip, 4 buah sambungan, dan inti yang telah dibentuk sesuai ukuran.

- b. Merekatkan satu persatu inti dengan bagian komponen lain dengan menggunakan lem castol.
- c. Merekatkan bagian aluminium pada kedua ujung inti dengan menggunakan lem epoksi.

**2.1.3. Penghalusan Permukaan Sampel Uji**

Setelah dilakukan pengukuran saat permukaan isolator masih keadaan awal selesai, kemudian sampel digosok secara merata searah dengan jarum jam dengan menggunakan amplas 1000cw agar permukaannya menjadi lebih halus.

**2.1.4. Pelapisan atau Coating Isolator**

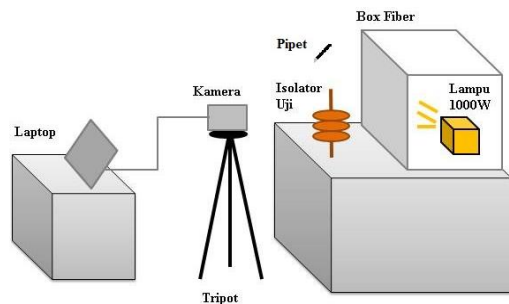
Langkah pelapisan atau coating isolator yaitu sebagai berikut.

- a. Menyiapkan alat dan bahan seperti isolator uji, silicon rubber RTV 683, katalis, solet, timbangan digital, jangka sorong, dan cutter.
- b. Bersihkan isolator uji dari debu yang menempel dengan kertas tisu atau kain lap yang bersih.
- c. Campurkan silicon rubber dengan katalis sesuai dengan takaran pada petunjuk penggunaan silicon rubber, yaitu 1 kg berbanding 50 mL. Kemudian lapisi isolator dengan bahan yang telah dicampur ini.
- d. Lapisi hingga merata ke seluruh permukaan isolator uji, tunggu hingga kering.
- e. Cutter lapisan silicon rubber pada permukaan isolator uji dan ukur ketebalannya.

**2.2. Peralatan Pengujian Sudut Kontak**

Peralatan dan bahan pengujian sudut kontak yang dipergunakan :

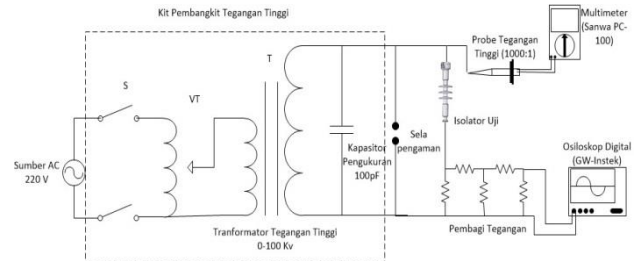
- a. Kamera foto digital
- b. Seperangkat komputer dan software coreldraw X7
- c. Alas uji
- d. Seperangkat lampu pijar 1000 watt dan box fiber
- e. Pipet tetes 50 µL
- f. Gelas ukur
- g. Air Akuades DM



**Gambar 2. Rangkaian Pengambilan Sudut Kontak**

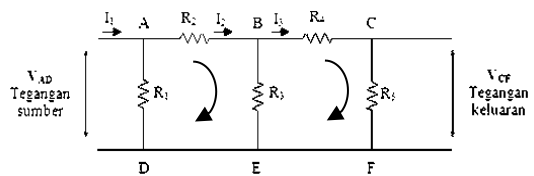
**2.3. Peralatan Pengujian Arus Bocor**

Untuk memperoleh data karakteristik arus bocor dari masing-masing sampel, maka dilakukan pengujian arus bocor dengan rangkaian pengujian sesuai yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3. Rangkaian Pengujian Arus Bocor**

Pengamatan arus bocor ini memerlukan osiloskop sebagai alat bantu. Input tegangan yang masuk ke dalam osiloskop harus sesuai dengan karakteristik kemampuan osiloskop tersebut. Piranti pengamanan dan perlindungan bagi osiloskop diperlukan untuk membatasi tegangan besar yang masuk ke dalam osiloskop dengan cara memasang rangkaian pembagi tegangan.



**Gambar 4. Rangkaian pembagi tegangan**

Nilai resistansi pada rangkaian pembagi tegangan adalah  $R_1 = 680 \Omega$ ,  $R_2 = 1000 \Omega$ ,  $R_3 = 100 \Omega$ ,  $R_4 = 470K \Omega$ , dan  $R_5 = 10K \Omega$ . Berdasarkan data resistansi pada Gambar 4 akan diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$I_1 = 1,256717647 V_{CF}$$

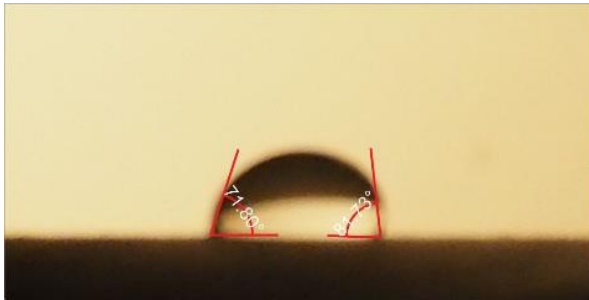
$I_1$  merupakan nilai arus bocor yang mengalir pada isolator uji dan  $V_{CF}$  menunjukkan tegangan efektif ( $V_{rms}$ ) yang terbaca pada osiloskop.

**3. Hasil dan Analisa**

**3.1. Hasil Pengukuran dan Analisis Sudut Kontak**

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang diteteskan kepermukaan bahan uji. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik[5]. Sifat hidrofobik sendiri memiliki arti bahwa bahan yang dimaksud dapat menolak air yang jatuh di permukaannya.

Pengukuran sudut kontak yang dilakukan peneliti menggunakan cairan berupa air akuades DM. Pemberian akuades DM pada isolator uji dimaksudkan sebagai pengkondisian isolator saat basah tanpa adanya polutan lain atau dapat diartikan basah karena embun di pagi hari. Pengukuran dilakukan dengan kondisi suhu ruangan  $26,5^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban 68%. Hasil sudut kontak isolator resin epoksi pada pengkondisian basah air akuades DM kondisi awal, halus dan *coating* secara berturut-turut dapat ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Sudut kontak permukaan isolator kondisi awal

Sudut kontak kiri =  $71,8^{\circ}$   
 Sudut kontak kanan =  $81,73^{\circ}$

Untuk menentukan sudut kontak dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sudut kontak} &= \frac{\text{Sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2} \\ &= \frac{71,8^{\circ} + 81,73^{\circ}}{2} \\ &= 76,77^{\circ} \end{aligned}$$

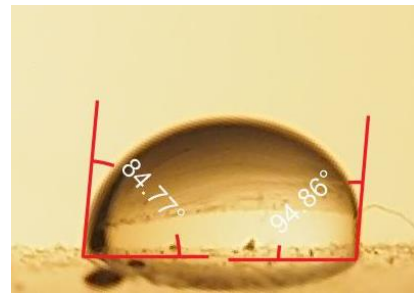


Gambar 6. Sudut kontak permukaan isolator kondisi halus

Sudut kontak kiri =  $90^{\circ}$   
 Sudut kontak kanan =  $85,6^{\circ}$

Untuk menentukan sudut kontak dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sudut kontak} &= \frac{\text{Sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2} \\ &= \frac{90^{\circ} + 85,6^{\circ}}{2} \\ &= 87,6^{\circ} \end{aligned}$$



Gambar 7. Sudut kontak permukaan isolator kondisi *coating*

Sudut kontak kiri =  $84,8^{\circ}$   
 Sudut kontak kanan =  $94,86^{\circ}$

Untuk menentukan sudut kontak dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sudut kontak} &= \frac{\text{Sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2} \\ &= \frac{84,8^{\circ} + 94,86^{\circ}}{2} \\ &= 89,92^{\circ} \end{aligned}$$

Pada pengukuran sudut kontak ini dilakukan masing-masing 3 kali untuk dirata-rata pada setiap kondisi permukaan isolator sehingga didapatkan Tabel 1.

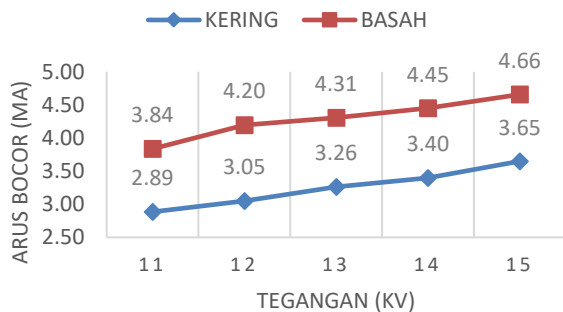
Tabel 1. Hasil Pengukuran Sudut Kontak Isolator

No	Kondisi Isolator	Sudut kontak ( $^{\circ}$ )			Rata-rata
		I	II	II	
1	Awal	76,77	88,7	68,9	78,1 <sup>0</sup>
2	Halus	87,8	90,6	86,4	88,3 <sup>0</sup>
3	Coating	89,82	91,8	91,8	91,1 <sup>0</sup>

Berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa isolator dalam kondisi awal dan halus memiliki nilai sudut kontak antara  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  sehingga dapat dikatakan bersifat partially wetted (basah sebagian)[1][6]. Hal ini disebabkan karena pengaruh adanya fly ash dalam isolator tersebut. Fly ash memiliki unsur penyusun kimia  $\text{SiO}_2$  berupa kristal fly ash dan memiliki sifat hidrofilik atau menyerap air jadi air yang menetes cenderung terserap sebagian. Peningkatan nilai sudut kontak dari kondisi awal ke kondisi halus disebabkan pada kondisi halus bentuk permukaan sudah lebih baik. Sedangkan untuk isolator uji kondisi *coating* bersifat hidrofobik. Hal ini disebabkan oleh pengaruh ditambahnya lapisan *silicon rubber* pada permukaan isolator. *Silicon rubber* memiliki sifat hidrofobik sehingga meminimalkan arus bocor pada permukaan isolator. Sifat hidrofobik berbanding lurus dengan nilai sudut kontak suatu bahan, sehingga bila nilai sudut kontak semakin besar maka sifat hidrofobik suatu bahan akan semakin baik.

### 3.2. Hasil Pengukuran dan Analisis Arus Bocor

#### 3.2.1. Analisis Hasil Perbandingan Arus Bocor pada Sudut Kontak 78,1°

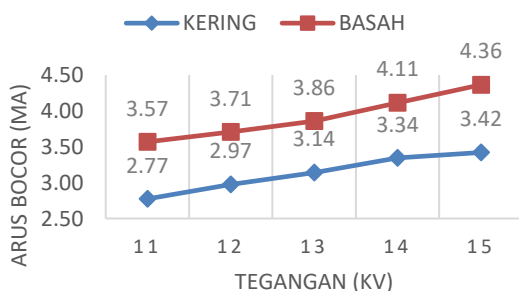


Gambar 8. Grafik arus bocor saat sudut kontak 78,1°

Dari pengukuran yang dilakukan nilai arus bocor meningkat saat tegangan terapan yang diberikan pada isolator uji juga meningkat. Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tegangan dan arus bocor berbanding lurus, semakin besar tegangan yang diterapkan pada isolator maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin besar.

Jika diperhatikan pada Gambar 8 terlihat arus bocor pada kondisi permukaan isolator basah grafiknya berada diatas grafik saat kondisi permukaan isolator kering. Hal ini membuktikan saat kondisi permukaan isolator basah arus bocor yang dihasilkan bernilai lebih besar dibandingkan arus bocor pada kondisi permukaan isolator kering. Titik - titik air pada permukaan isolator meningkatkan nilai konduktivitas permukaan isolator. Dengan adanya penambahan nilai konduktivitas permukaan isolator, maka nilai tahanan permukaan isolator pada kondisi basah akan berkurang. Akibatnya, arus bocor permukaan isolator pada kondisi basah bernilai lebih besar dari arus bocor isolator pada kondisi kering.

#### 3.2.2. Analisis Hasil Perbandingan Arus Bocor pada Sudut Kontak 88,3°

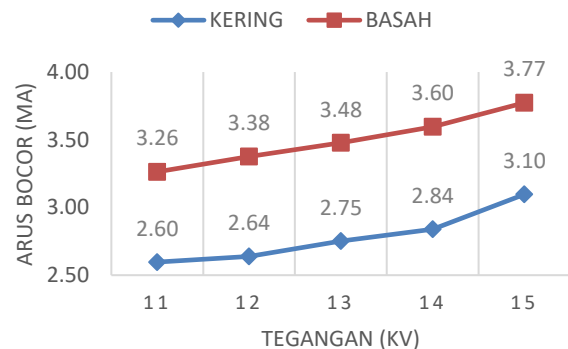


Gambar 9. Grafik arus bocor saat sudut kontak 88,3°

Dari pengukuran yang dilakukan nilai arus bocor meningkat saat tegangan terapan yang diberikan pada isolator uji juga meningkat. Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tegangan dan arus bocor berbanding lurus, semakin besar tegangan yang diterapkan pada isolator maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin besar.

Jika diperhatikan pada Gambar 9 terlihat arus bocor pada kondisi permukaan isolator basah grafiknya berada diatas grafik saat kondisi permukaan isolator kering. Hal ini membuktikan saat kondisi permukaan isolator basah arus bocor yang dihasilkan bernilai lebih besar dibandingkan arus bocor pada kondisi permukaan isolator kering. Titik - titik air pada permukaan isolator meningkatkan nilai konduktivitas permukaan isolator. Dengan adanya penambahan nilai konduktivitas permukaan isolator, maka nilai tahanan permukaan isolator pada kondisi basah akan berkurang. Akibatnya, arus bocor permukaan isolator pada kondisi basah bernilai lebih besar dari arus bocor isolator pada kondisi kering.

#### 3.2.3. Analisis Hasil Perbandingan Arus Bocor pada Sudut Kontak 91,1°



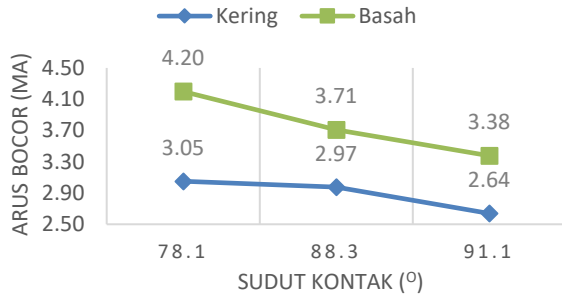
Gambar 10. Grafik arus bocor saat sudut kontak 91,1°

Dari pengukuran yang dilakukan nilai arus bocor akan meningkat saat tegangan terapan yang diberikan pada isolator uji juga meningkat. Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara tegangan dan arus bocor berbanding lurus, yaitu semakin besar tegangan yang diterapkan pada isolator maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin besar.

Jika diperhatikan pada Gambar 10 terlihat arus bocor pada kondisi permukaan isolator basah grafiknya berada diatas grafik saat kondisi permukaan isolator kering. Hal ini membuktikan saat kondisi permukaan isolator basah arus bocor yang dihasilkan bernilai lebih besar dibandingkan arus bocor pada kondisi permukaan isolator kering. Titik - titik air pada permukaan isolator meningkatkan nilai konduktivitas permukaan isolator. Dengan adanya penambahan nilai konduktivitas permukaan isolator, maka nilai tahanan permukaan isolator pada kondisi basah akan

berkurang. Akibatnya, arus bocor permukaan isolator pada kondisi basah bernilai lebih besar dari arus bocor isolator pada kondisi kering.

### 3.2.4. Analisis Pengaruh Permukaan terhadap Arus Bocor pada Tegangan 12 kV



Gambar 11. Grafik arus bocor pada tegangan 12 kV terhadap sudut kontak permukaan

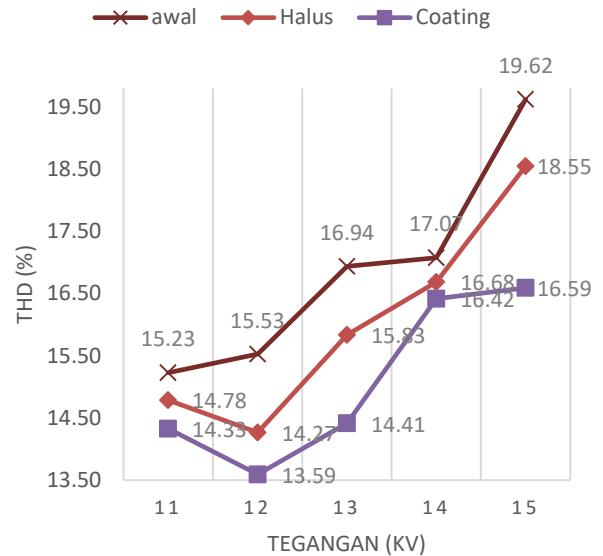
Dari kedua kondisi di atas dapat dikatakan bahwa arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator mengalami penurunan ketika sudut kontak permukaannya meningkat. Disamping itu, dapat dikatakan juga bahwa proses *coating* (sudut kontak 91,1°) yang dilakukan telah berhasil karena dapat dibuktikan dengan menurunnya arus bocor yang terukur ketika dilakukan pengujian jika dibandingkan dengan pengujian sebelum isolator mengalami proses *coating* (sudut kontak 78,1° dan 88,3°).

Berdasarkan Gambar 11, terlihat bahwa pada pengukuran kondisi kering memiliki nilai arus bocor yang lebih kecil jika dibandingkan saat pengukuran kondisi basah pada semua tegangan uji. Hal ini disebabkan karena banyaknya titik air pada permukaan isolator meningkatkan nilai konduktivitas permukaan isolator. Dengan disemprotkannya air akuades DM pada permukaan isolator mengakibatkan nilai tahanan permukaan isolator berkurang seiring dengan adanya penambahan nilai konduktivitas permukaan isolator. Oleh karena itu, arus bocor permukaan isolator pada kondisi basah bernilai lebih besar dari arus bocor isolator pada kondisi kering. Air akuades DM yang baik adalah tidak mengandung mineral sama sekali sehingga nilai daya hantar listriknya adalah 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 3.3. Perhitungan dan Analisis Nilai THD

Data yang dianalisis pada penelitian ini yaitu bentuk gelombang, spektrum frekuensi, dan distorsi harmonik total (THD) arus bocor permukaan isolator. Dari spektrum frekuensi tersebut, diperoleh nilai THD yang merepresentasikan distorsi harmonik total.

### 3.3.1. Kondisi Kering

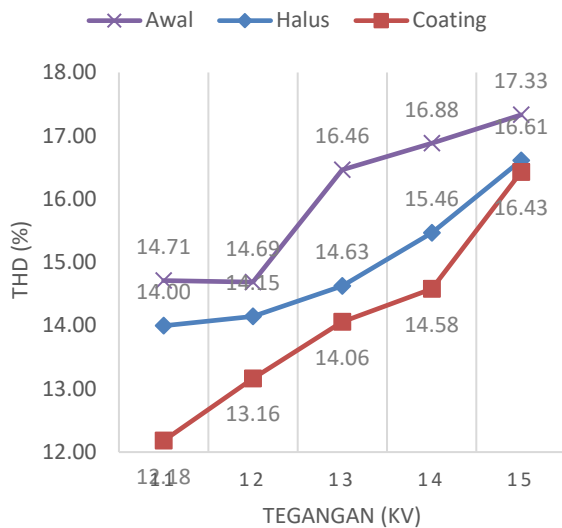


Gambar 12. Perbandingan THD arus bocor permukaan isolator resin epoksi kondisi kering pada variasi tegangan.

Pada Gambar 12 terlihat pada saat sudut kontak 78,1° nilai THD permukaan pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan 15 kV berturut-turut adalah 15,23%; 15,53%; 16,94%; 17,07%; dan 19,62%. Kemudian pada saat sudut kontak 88,3° nilai THD permukaannya pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan 15 kV berturut-turut adalah 14,78%; 14,27%; 15,83%; 16,68%; dan 18,55%. Sementara itu pada saat sudut kontak 91,1° nilai THD permukaannya pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan 15 kV berturut-turut adalah 14,35%; 13,59%; 14,41%; 16,42%; dan 16,69%.

Dari Gambar 12 terlihat bahwa kenaikan tegangan uji menyebabkan nilai THD juga cenderung mengalami kenaikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai THD berbanding lurus dengan nilai tegangan yang diterapkan pada isolator polimer. Namun, pada saat tegangan 12kV pada sudut kontak 88,3° dan 91,1° terjadi penurunan nilai THD. Hal ini karena adanya arus bocor sesaat yang terbentuk dari komponen-komponen harmonik arus bocor atau dapat pula disebabkan oleh kondisi lingkungan pengujian yang banyak terdapat peralatan menggunakan komponen elektronika daya. Jadi semakin banyak pita kering dan arus bocor sesaat pada permukaan isolator, maka nilai THD akan semakin meningkat. Nilai THD yang semakin meningkat membuktikan bahwa kualitas isolator semakin buruk karena semakin banyak gelombang yang terdistorsi.

### 3.3.2. Kondisi Basah

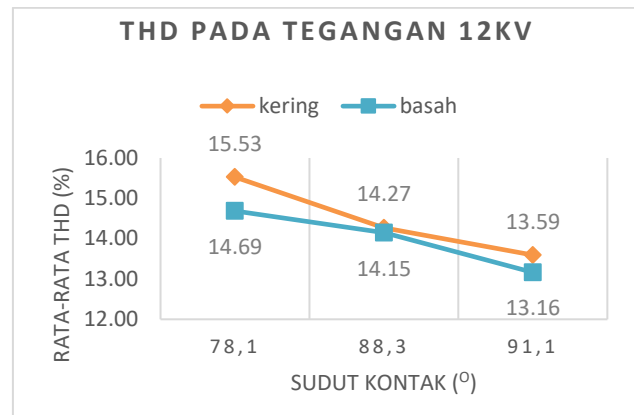


**Gambar 13. Perbandingan THD arus bocor permukaan isolator resin epoksi kondisi basah pada variasi tegangan.**

Pada 13 terlihat pada saat sudut kontak  $78,1^\circ$  nilai THD permukaan pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan 15 kV berturut-turut adalah 14,71%; 14,69%; 16,46%; 16,88%; dan 17,33%. Kemudian pada saat sudut kontak  $88,3^\circ$  nilai THD permukaannya pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan 15 kV berturut-turut adalah 14,00%; 14,15 14,63%; 15,46%; dan 16,61%. Sementara itu pada saat sudut kontak  $91,1^\circ$  nilai THD permukaannya pada saat tegangan uji 11 kV, 12 kV, 13 kV, 14 kV, dan dan 15 kV berturut-turut adalah 12,18%; 13,16%; 14,06%; 14,58%; dan 16,43%.

Dari Gambar 13 terlihat bahwa kenaikan tegangan uji menyebabkan nilai THD juga cenderung mengalami kenaikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai THD berbanding lurus dengan nilai tegangan yang diterapkan pada isolator polimer. Namun, pada saat tegangan 12kV pada sudut kontak  $78,1^\circ$  terjadi penurunan nilai THD. Hal ini karena adanya arus bocor sesaat yang terbentuk dari komponen-komponen harmonik arus bocor atau dapat pula disebabkan oleh kondisi lingkungan pengujian yang banyak terdapat peralatan menggunakan komponen elektronika daya. Jadi semakin banyak pita kering dan arus bocor sesaat pada permukaan isolator, maka nilai THD akan semakin meningkat. Nilai THD yang semakin meningkat membuktikan bahwa kualitas isolator semakin buruk karena semakin banyak gelombang yang terdistorsi.

### 3.3.3. Analisis Pengaruh Permukaan terhadap Arus Bocor pada Tegangan 12 kV



**Gambar 14. Perbandingan THD arus bocor permukaan isolator resin epoksi pada tegangan 12 kV**

Dari perhitungan yang dilakukan dapat dikatakan bahwa nilai THD yang terjadi pada permukaan isolator saat diberi tegangan yang sama mengalami penurunan ketika sudut kontak permukaannya meningkat. Disamping itu, dapat dikatakan juga bahwa proses *coating* (sudut kontak  $91,1^\circ$ ) yang dilakukan telah berhasil karena dapat dibuktikan dengan menurunnya sudut bocor yang terukur ketika dilakukan pengujian jika dibandingkan dengan pengujian saat isolator belum mengalami proses *coating* (sudut kontak  $78,1^\circ$  dan  $88,3^\circ$ ).

Berdasarkan Gambar 14 juga terlihat bahwa pada pengukuran kondisi kering memiliki nilai THD yang lebih besar jika dibandingkan saat pengukuran kondisi basah. Hal ini disebabkan karena banyaknya titik air pada permukaan isolator saat pengujian kondisi basah meningkatkan nilai konduktivitas permukaan isolator. Dengan disemprotkannya air akuades DM pada permukaan isolator mengakibatkan nilai tahanan permukaan isolator berkurang seiring dengan adanya penambahan nilai konduktivitas permukaan isolator. Oleh karena itu, nilai THD permukaan isolator pada kondisi basah bernilai lebih kecil dari nilai THD isolator pada kondisi kering. Air akuades DM yang baik adalah tidak mengandung mineral sama sekali sehingga nilai daya hantar listriknya adalah  $1 \mu\text{S/cm}$ .

Pada kondisi kering arus bocor yang dihasilkan mempunyai komponen harmonisa yang lebih banyak dibanding kondisi basah, karena pada kondisi basah isolator menjadi konduktif akibat adanya lapisan air akuades DM yang menempel pada permukaan isolator. Dengan semakin tingginya kelembaban isolator, komponen harmonik arus bocor yang terbentuk semakin berkurang. Sehingga THD semakin rendah. Namun, hal itu bukan berarti bahwa unjuk kerja permukaan isolator pada kondisi basah lebih aman dibandingkan ketika isolator berada pada kondisi kering. Yang sebenarnya jika

kelembaban tinggi diperlukan alat proteksi yang lebih akurat, hal ini disebabkan karena dengan tegangan uji yang sama, arus bocor puncak (arus maksimum) lebih besar, sehingga mempercepat terjadinya tegangan lewat denyar (*flashover*).

Pada kondisi basah terlihat bahwa arus bocor meningkat dan THD yang dihasilkan lebih kecil mengindikasikan bahwa isolator dalam keadaan konduktivitas tinggi, panas, dan medan listrik pada permukaan yang cukup tinggi. Magnituda arus bocor yang meningkat menyebabkan isolator mengalami *tracking* dan degradasi permukaan karena pada kondisi tersebut akan terjadi peristiwa pita kering (*dryband*) yang dapat mengakibatkan kegagalan isolasi. Semakin tinggi magnituda arus dan THD akan mengindikasikan bahwa permukaan isolator memiliki kualitas yang buruk, sehingga akan menurunkan umur pemakaian isolator. Oleh karena itu, magnituda arus bocor dan THD dapat digunakan sebagai parameter penentuan kondisi permukaan isolator

#### 4. Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan bahwa saat kondisi permukaan awal nilai sudut kontakannya adalah  $78,1^\circ$  sedangkan setelah diperhalus nilai sudut kontakannya naik menjadi  $88,3^\circ$  tetapi keduanya masih dalam kategori *partially wetted* (basah sebagian). Sedangkan setelah permukaan isolator dilapisi dengan menggunakan *silicone rubber* sudut kontakannya naik menjadi  $91,1^\circ$  yang sudah termasuk kategori hidrofobik menurut STRI Guide I 92/I. Sementara ketika dilakukan pengukuran arus bocor didapatkan nilai arus bocor saat kondisi permukaan awal kondisi pengujian kering adalah antara 2,89-3,65 mA dengan nilai THD antara 15,23-19,62% dan saat kondisi basah adalah 3,84-4,66 mA dengan nilai THD antara 14,69-17,33%. Setelah permukaan diperhalus arus bocor saat kondisi permukaan kering turun menjadi antara 2,77-3,42 mA dengan nilai THD antara 14,27-18,55% sedangkan saat kondisi basah juga mengalami penurunan menjadi 3,57-4,36 mA dengan nilai THD antara 14-16,61%. Arus bocornya juga turun menjadi antara 2,60-3,10 mA dengan nilai THD antara 13,59-16,59% saat kondisi kering dan saat kondisi basah antara 3,26-3,50 mA dengan nilai THD antara 12,18-16,43% ketika permukaan sudah diberi *coating* dengan RTV 683. Menurut IEC 950 *Safety Standart* arus bocor yang diizinkan adalah 3,5 mA jadi yang berada di bawah standart hanya ketika permukaan diperhalus kondisi pengujian kering dan setelah permukaan mengalami *coating*. Sementara itu batas nilai THD yang diizinkan menurut IEEE 519-1992 untuk 20kV-69 kV adalah 5 %, sehingga semua percobaan masih diatas standart namun 5% adalah standart untuk keseluruhan sistem.

#### Referensi

- [1]. Dyah Ika Susilawati, "Analisa Arus Bocor Permukaan Sampel Bahan Isolasi resin Epoksi Silane Menggunakan Metode Pengukuran Inclined-Plane tracking Dengan Polutan Pantai Parangtritis", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [2]. Rudy S Steven, "Pengaruh Polutan Terhadap Tahanan Permukaan Isolator Epoxy Resin", Laporan Tugas Akhir, Universitas Indonesia, Depok, 2008.
- [3]. Agung Aprianto, "Pengaruh Kelembaban dan Suhu Terhadap Karakteristik Arus Bocor pada Isolator Bahan Resin Epoksi dengan Pengisi Bahan Pasir Silika", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [4]. SPLN 10-3b, 1993. Tingkat Intensitas Polusi Sehubungan Dengan Pedoman Pemilihan Isolator
- [5]. T Haryono, CH. Sri Kristiningsih, "Pengaruh Suhu Terhadap Kinerja Material Isolasi Epoksi Resin Dalam Kondisi Bersih", Seminar Nasional & Workshop Tegangan Tinggi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2002.
- [6]. Novriani Tria Pratiwi, "Analisis Pengaruh Coating Terhadap Sudut Kontak, Arus Bocor, dan THD pada Isolator Polimer 20 kV Kondisi Terkontaminasi", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015..
- [7]. D Medianto dan Suwarno, Studi Pengaruh Pelapisan Senyawa Silikon pada Isolator Keramik Pos Pin 20 kV untuk Lingkungan Tepi Pantai Kasus Daerah Muara Karang, Institut Teknologi Bandung
- [8]. Bonggas L Tobing, Peralatan Tegangan Tinggi. Jakarta, Indonesia : PT Gramedia Pustaka Utama, , 2003.
- [9]. Abdul Syakur, Teori dan Hasil Eksperimen Partial Discharge Pada Bahan isolasi, BP UNDIP, Semarang, 2009.
- [10]. Hamzah Berahim, "Metodologi untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis", Disertasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2005.
- [11]. Hamzah Berahim, "Metodologi untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis", Disertasi, Fakultas Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2005.
- [12]. Bonggas L Tobing, Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, Jakarta, Indonesia : PT Gramedia Pustaka Utama, , 2003.