

Analisis Perbandingan Arus Bocor Isolator Epoxy Resin terhadap Kelembapan dan temperatur pada Kondisi Terbuka dan Tertutup

GANIAR SATRIO^{1*}, WALUYO¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: ganiarsatrioo31052000@gmail.com

Received 22 01 2024 | Revised 29 01 2024 | Accepted 29 01 2024

ABSTRAK

Pemasangan isolator sebagian besar di pasang terbuka dan tertutup oleh karena itu perlu dilakukan studi penelitian rentan arus bocor. Tujuan penelitian ini penulis mendapatkan perbandingan arus bocor pada isolator epoxy resin, faktor yang mempengaruhi besar arus bocor adalah faktor suhu, Kelembapan, akibat ruangan tertutup, dan ruangan terbuka. Metode pengambilan data dengan cara ditempatkan isolator epoxy resin pada ruangan tertutup dan terbuka dari sinar matahari dan hujan. Parameter yang diatur yaitu tegangan trafo sebesar 11,5 kV dan resistor 100 kOhm, sedangkan untuk suhu dan kelembapan hanya dilihat saja. Data arus bocor diambil setiap pagi, siang, dan malam selama 35 hari untuk melihat perubahannya berdasarkan perubahan kelembapan, dan suhu lingkungan. Hasil penelitian di dapat perbandingan arus bocor isolator epoxy resin dengan nilai arus bocor terbesar pada isolator terbuka berkisar pada 7,97227 μ A, pada isolator tertutup berkisar pada 6,07886 μ A. Dengan demikian, isolator tertutup lebih efektif dalam mengurangi arus bocor dibandingkan isolator terbuka.

Kata kunci: Arus Bocor, Epoxy Resin, Kelembapan, Resistor, Suhu

ABSTRACT

The installation of insulators is mostly installed open and closed, therefore it is necessary to conduct a research study of vulnerable leakage currents. The purpose of this study is the author gets a comparison of leakage currents in epoxy resin insulators, factors that affect the amount of leakage current are temperature, humidity, due to closed rooms, and open rooms. The method of taking data by placing the epoxy resin in sulator in a closed and open room from sunlight and rain. The parameters set are transformer voltage of 11.5 kV and 100 kOhm resistor, while the temperature and humidity are only seen. Leakage current data was taken every morning, afternoon, and evening for 35 days to see changes based on changes in humidity, and ambient temperature. The results of the study obtained a comparison of the leakage current of epoxy resin insulators with the largest leakage current value in open insulators ranging from 7.97227 μ A, in closed insulators ranging from 6.07886 μ A. Thus, closed insulators are more effective in reducing leakage current than open insulators.

Keywords: Insulator, Temperature, Humidity, Leakage Current, Environmental

1. PENDAHULUAN

Isolator mempunyai sifat atau kemampuan untuk dapat memisahkan secara elektris dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan, sehingga tidak terjadi tegangan lewat denyar / arus bocor (**Mokhamad, 2016**).

Isolator berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya sebagai pemisah antara saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Pengaruh keadaan udara sekitar dan polutan yang menempel pada permukaan yang menyebabkan permukaan isolator bersifat konduktif (**Arismunandar, 2001**).

Isolator epoxy resin adalah suatu bahan polimer termoseting. Bahan ini sangat baik digunakan untuk isolator tegangan tinggi atau ekstra tinggi pasangan luar pada sistem tenaga listrik. Bahan isolasi polimer resin epoksi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya: kekuatan dielektriknya tinggi, ringan, kekuatan mekaniknya tinggi, dapat dicampur dengan bahan aditif, dan penanganannya yang mudah jika dibandingkan dengan material isolasi porselen dan gelas yang saat ini masih banyak digunakan di Indonesia (**Voslo, 2008**).

Resin epoksi telah dikembangkan sebagai material isolator tegangan tinggi/ekstra tinggi pasangan luar (outdoor) pada sistem tenaga listrik. Bahan isolasi polimer resin epoksi ini, memiliki kelebihan dan keuntungan dibandingkan dengan material konvensional seperti porselen, keramik, dan gelas. Terdapat beberapa kelemahan atau kerugian dalam penggunaan bahan isolasi polimer resin epoksi, sangat sensitif jika digunakan di daerah yang bersuhu tinggi, berkelembaban tinggi.

Kelebihan bahan isolasi keramik dan gelas adalah kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, keras dan kuat. Namun, bahan isolasi keramik dan gelas memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat dan permukaannya yang bersifat menyerap air (hygroscopic) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (flashover) (**PT. XYZ (Persero), 2014**).

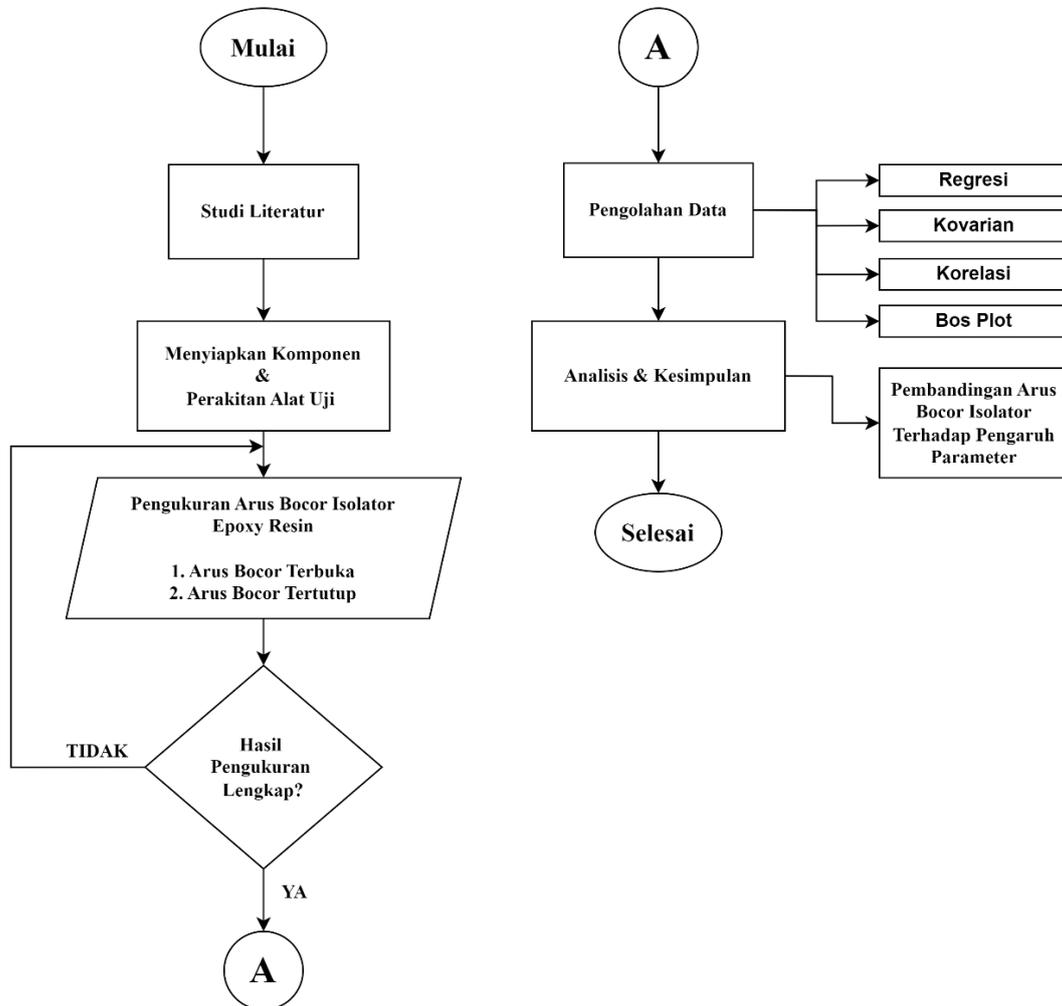
Isolator biasanya dipasang diruang terbuka dan tertutup, maka perlu di lakukan pengetesan terhadap isolator dengan berbagai macam kondisi pemasangan dan waktu yang berbeda – beda, Selain itu waktu juga merupakan alasan yang penting, dikarenakan seiring waktu berjalan dan berubah-ubahnya setiap harinya, tingkat kelembaban dan suhu yang terjadi karena kabut, hujan, dan pergantian siang dan malam juga berubah-ubah yang membuat tingkat konduktivitas di permukaan isolator, yang menurunkan properti dielektrik dan dapat menyebabkan kegagalan kerja dari isolator itu sendiri (**Tobing, 2012**).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh analisis besar pengaruh faktor lingkungan yang dominan terhadap arus bocor isolator epoxy resin, sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menentukan dan memprediksi keandalan dari jenis isolator tersebut ketika berada dalam kondisi pemakaian yang lama.

2. METODOLOGI

2.1. Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa metode yang diterapkan sebagai dasar metodologi penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian, perakitan, pengukuran hingga kesimpulan pada penelitian epoxy resin kondisi terbuka dan tertutup

Gambar 1 metodologi dalam penelitian ini dilakukan studi literatur mengenai cara pengukuran arus bocor pada isolator Epoxy Resin kondisi terbuka dan tertutup sinar matahari dan hujan. setelah perakitan alat uji dilakukan pengukuran selama 35 hari, pengukuran dilakukan pada waktu pagi, siang, dan malam kondisi terbuka dan tertutup. Setelah hasil data pengukuran lengkap, dilakukan pengolahan data menggunakan software minitab 19. Hasil penelitian tersebut di dapat perbandingan arus bocor isolator epoxy resin dengan nilai arus bocor terbesar pada isolator terbuka berkisar pada nilai 7,97227 μA , dan pada isolator tertutup berkisar pada nilai 6,07886 μA .

2.2 Metode Penelitian

Pengujian dan pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai kondisi lingkungan dan dilakukan pada setiap isolator. Isolator uji diletakan diluar ruangan agar terdampak oleh lingkungan secara langsung berbeda dengan isolator tertutup diletakan didalam ruangan dan

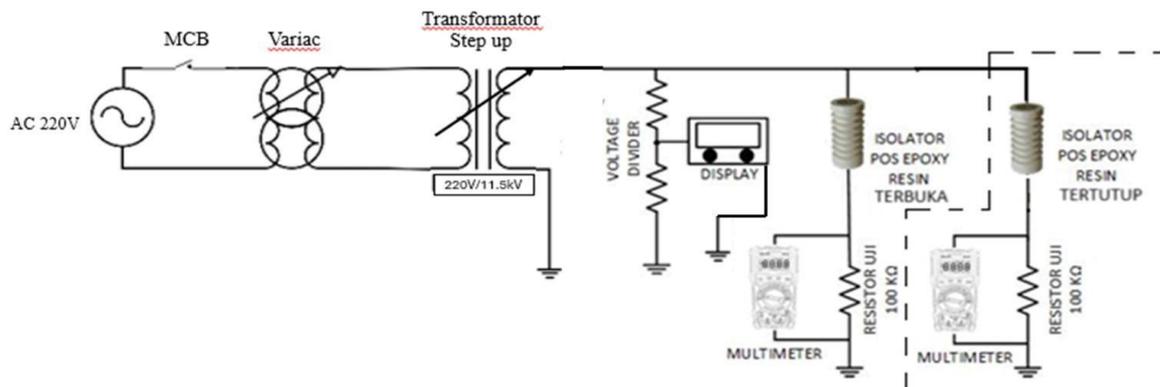
tidak terdampak langsung oleh lingkungan selama 35 hari. Kemudian dilakukan pengukuran pada setiap isolator dengan rentang waktu 3 kali dalam satu hari yaitu pagi, siang, dan malam.

2.3 Komponen Alat Ukur

- Isolator
Isolator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tipe epoxy resin, yang bekerja ditegangan menengah sekitar 11,5 kV.
- Sumber Tegangan
Sumber tegangan yang digunakan untuk memberikan potensial listrik pada penelitian ini adalah sumber tegangan dari XYZ sebesar 220 V.
- Transformator
Transformator yang digunakan pada penelitian ini adalah transformator step-up guna untuk menaikkan tegangan dari 220 V menjadi 11,5 kV.
- Resistor
Resistor digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui dan mendapatkan nilai arus bocor pada isolator piring.
- Alat ukur
Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yaitu avometer dan alat ukur untuk mengukur suhu, dan kelembapan ruang.

2.4 Rangkaian Pengujian

Pada tahap ini, komponen – komponen yang sudah disiapkan kemudian akan dirakit sedemikian rupa sehingga sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Isolator epoxy resin yang akan diamati dipasang menggantung dan seolah olah berada pada ketinggian, Setelah alat uji sudah selesai dirancang kemudian dihubungkan pada komponen pendukung lainnya. Rangkaian pengujian arus bocor isolator epoxy resin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pengukuran Arus Bocor Isolator Epoxy Resin

Gambar 2 menunjukkan rangkaian diagram isolator terbuka dan tertutup dimana sumber tegangan utamanya adalah sumber tegangan AC, tegangan AC masuk ke variac untuk diatur tegangan nya menjadi 220V selanjut nya tegangan 220V akan di step-up oleh trafo hingga 11,5kV lalu tegangan keluaran trafo akan di baca oleh voltage divider setelahnya disambungkan dengan bagian fasa isolator agar isolator menerima tegangan, dan bagian grounding isolator akan di hubungkan dengan resistor terlebih dahulu sebelum di sambungkan ke pentanahan.

2.4 Pengumpulan Data

Data yang akan diambil pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Nilai rata – rata arus bocor saat pagi, siang, dan malam, pada pemasangan terbuka dan tertutup.
2. Pengukuran parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap isolator; temperatur lingkungan, dan kelembapan lingkungan.

Tabel 1. Pengukuran Data

WAKTU	JAM	TEMPERATUR	KELEMBAPAN
PAGI	04:30 - 06:00	20,5 - 24,1	80 - 83,5
SIANG	11:30 - 13:00	28,7 - 32,2	41,9 - 71,8
MALAM	21:00 - 23:00	22,1 - 32,2	79,1 - 92,8

Tabel 1 merupakan waktu dan nilai kondisi pada saat pengukuran pagi, siang dan malam, dilihat pada waktu pagi, pengukuran dilakukan pada jam 04:30 sampai 06:00, dengan temperatur 20,5 sampai 24,1 dan kelembapan berkisar 80 sampai 83,5. Pada waktu siang, pengukuran dilakukan pada jam 11:30 sampai 13:00 dengan temperatur 28,7 sampai 32,2 dan kelembapan berkisar 41,9 – 71,8. Pada waktu malam, pengukuran dilakukan pada jam 21:00 sampai 23:00 dengan temperatur 22,1 sampai 32,2 dan kelembapan berkisar pada nilai 79,1 sampai 92,8.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

Saat pengukuran, dilakukan pengambilan data arus bocor yang terjadi pada isolator. Pengukuran dilakukan 3 kali dalam satu hari yaitu saat pagi, siang, dan malam hari. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Arus Bocor Isolator

Jenis Pemasangan Isolator	Waktu	Arus Bocor Tertinggi Terendah Isolator (μA)	Suhu (20,5-32,2°C)	Kelembapan (41,9-92,8%)
Terbuka	6:00	7,860	21,9	89,5
	13:00	3,889	31,4	70,1
	23:00	5,527	23	80
Tertutup	6:00	5,882	22,8	80
	13:00	3,558	22,8	92,5
	23:00	3,527	25,3	80,1

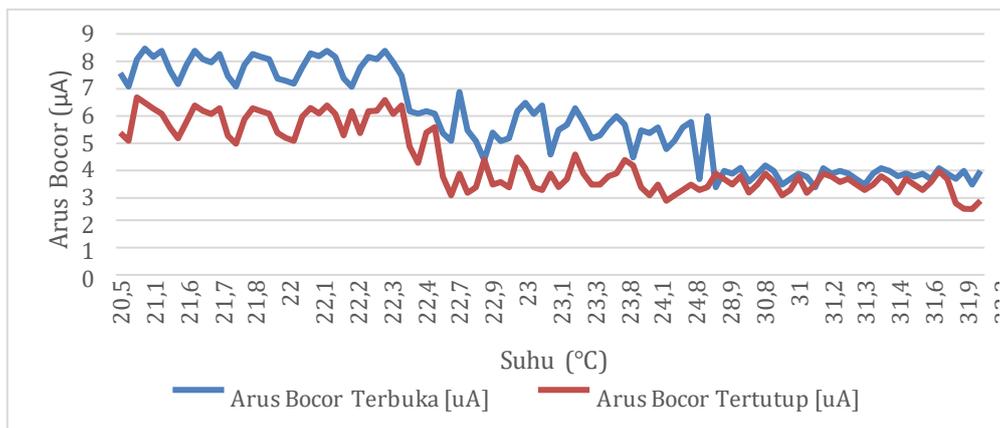
Tabel 2 menunjukkan bahwa arus bocor tertinggi terjadi pada pukul 6:00 pagi hari di mana kelembapan yang terjadi merupakan hasil tertinggi, sementara arus bocor terendah terjadi pada pukul 13:00 siang hari di mana suhu yang terjadi merupakan hasil tertinggi.

3.2. Pengaruh Lingkungan Terhadap Arus Bocor Isolator

Pada penelitian ini digunakan beberapa metode pengolahan data untuk mengetahui pengaruh parameter lingkungan yang berpengaruh pada arus bocor isolator.

3.2.1. Pengaruh Suhu dan Kelembapan Terhadap Arus Bocor

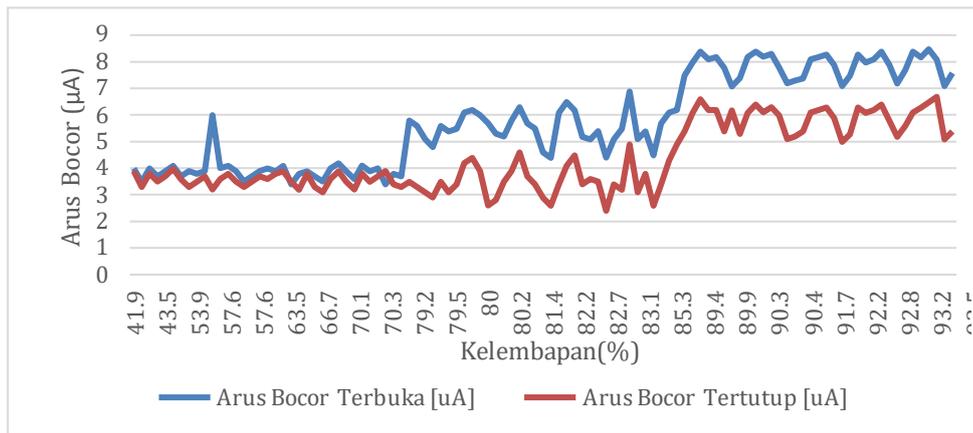
Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan keterkaitan antara arus bocor isolator tunggal dan paralel terhadap parameter lingkungan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Arus Bocor terhadap Suhu

Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator terbuka dan yang rendah adalah isolator tertutup, karena isolator dalam kondisi terbuka terpapar langsung oleh parameter lingkungan, sedangkan isolator dalam kondisi tertutup tidak terlalu terpapar parameter lingkungan, dari grafik ini dapat dilihat bahwa kedua isolator mengalami penurunan arus bocor paling besar pada suhu diantara 22,3-22,8°C, ketika suhu lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin kecil.

Analisis Perbandingan Arus Bocor Isolator Epoxy Resin Terhadap Kelembapan dan Temperatur pada Kondisi Terbuka dan Tertutup



Gambar 4. Grafik Arus Bocor terhadap Kelembapan

Dapat dilihat dari Gambar 4 bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator terbuka dan yang rendah adalah isolator tertutup, karena isolator dalam kondisi terbuka terpapar langsung oleh parameter lingkungan, sedangkan isolator dalam kondisi tertutup tidak terlalu terpapar parameter lingkungan, dari grafik ini dapat dilihat bahwa kedua isolator mengalami kenaikan arus bocor paling besar pada kelembapan diantara 83-86,5°C, ketika kelembapan lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin besar.

3.2.2. Korelasi dan Kovariansi Parameter Lingkungan Terhadap Arus Bocor

Korelasi dapat menentukan pola hubungan antara beberapa parameter-parameter pembentukan dari arus bocor isolator dan juga komponen-komponen pada arus bocor. Jika bernilai mendekati atau sama dengan (-1) berarti mempunyai hubungan yang sangat kuat tetapi berlawanan dengan konstanta awal, jika mempunyai nilai mendekati atau sama dengan (+1), maka mempunyai hubungan yang sangat kuat dan linear dengan konstanta awal. kovariansi ini hampir sama dengan korelasi hanya saja untuk kovariansi menunjukkan seberapa besar perubahan yang terjadi antara variable.

Berikut ini data hasil analisis koefisien korelasi dan kovariansi arus bocor terhadap parameter lingkungan yang di dapat melalui perhitungan dengan aplikasi Minitab19 dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kovariansi Parameter Lingkungan Terhadap Kelembapan

	Kelembapan (%)					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Epoxy Resin (µA)	1,862	2,115	0,821	1,857	2,293	2,718

Tabel 4. Nilai Korelasi Arus Bocor Isolator Terhadap Kelembapan

	Kelembapan					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Epoxy Resin	0,967	0,047	0,208	0,818	0,756	0,829

Tabel 5. Nilai Kovarian Arus Bocor Isolator Terhadap Suhu.

	Suhu (°C)					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Epoxy Resin (μA)	-1,217	-1,247	-0,057	-0,079	-0,047	-0,115

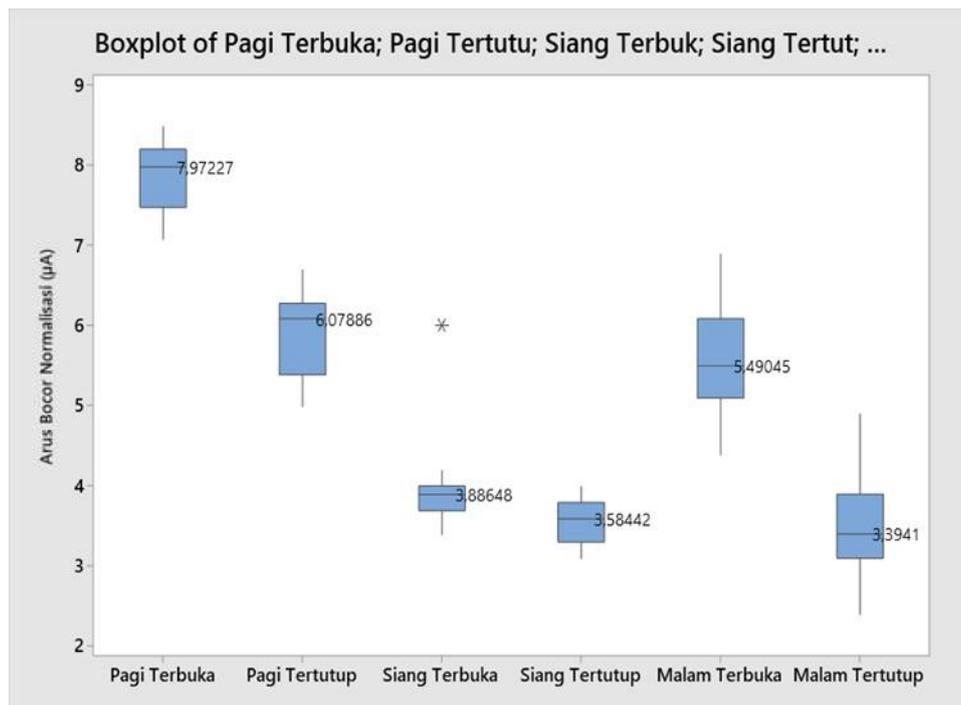
Tabel 6. Nilai Korelasi Arus Bocor Isolator Terhadap Suhu.

	Suhu					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Epoxy Resin	-0,392	-0,178	-0,120	-0,345	-0,213	-0,227

Tabel 3 4 5 dan 6 memperlihatkan nilai korelasi dan kovariansi suhu bernilai negatif yang berarti nilai arus bocor berbanding terbalik dengan suhu, lalu nilai korelasi dan kovariansi kelembapan bernilai positif yang berarti nilai arus bocor berbanding lurus dengan kelembapan. Nilai korelasi dan kovariansi tertinggi adalah saat malam hari ini artinya parameter lingkungan dan arus bocor memiliki hubungan yang sangat kuat sehingga saling mempengaruhi satu sama lainnya.

3.2.3 Analisis Box Plot Arus Bocor Isolator Terhadap Waktu

Analisis boxplot dipakai untuk melihat variasi rata – rata nilai arus bocor selama 35 hari pada isolator dengan pemasangan tunggal dan parallel, interval data yang di masukkan pada box plot yaitu 3 kali pengukuran dalam sehari dimulai dari pagi, siang, hingga malam, yang di tampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Boxplot Arus Bocor pada Isolator

Gambar 5 merupakan nilai arus bocor pada isolator terbuka saat pagi hari adalah 7,97227 μA , untuk siang hari 3,88648 μA , dan malam hari 5,49045 μA , median nilai arus bocor pada isolator tertutup saat pagi hari adalah 6,07886 μA , siang hari 3,58442 μA , dan untuk malam hari 3,3941 μA . nilai median tertinggi untuk isolator terbuka dan tertutup adalah saat pagi hari dengan nilai 7,97227 μA dan 6,07886 μA , hal ini disebabkan karena pada pagi hari suhu mencapai titik terendah, dan kelembapan berada di puncaknya sehingga arus bocor bersifat demikian. Nilai arus bocor pada isolator dengan pemasangan terbuka lebih besar di bandingkan dengan isolator dengan pemasangan tertutup di karenakan berdasar kan teori ketika suhu semakin kecil maka arus listrik akan semakin besar dan isolator tertutup ketika kelembapan semakin besar maka arus listrik akan semakin kecil ketika suhu pada isolator membesar sebab itu lah kenapa arus bocor pada pemasangan isolator terbuka lebih besar di bandingkan pada pemasangan isolator tertutup.

3.3. Simpulan Analisis

Kesimpulan dari 4 metode analisis yang digunakan untuk melihat pengaruh berbagai parameter lingkungan terhadap pembentukan arus bocor. Bahwa hasil dari analisis regresi, korelasi, kovarian dan PCA, didapatkan faktor yang dominan mempengaruhi arus bocor untuk isolator epoxy resin, dari ke-empat metode analisis hampir sama. Dapat disimpulkan yang sangat berpengaruh terhadap kenaikan nilai arus bocor adalah kelembapan merupakan parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi pembentukan arus bocor dilihat dari ke-4 metode analisis tersebut daripada parameter – parameter lainnya. Hal ini dapat diartikan bahwa isolator epoxy resin memiliki ketahanan yang tidak terlalu baik terhadap kelembapan.

4. KESIMPULAN

1. Dari penelitian selama 35 hari arus bocor terbesar pada isolator terbuka berkisar pada nilai 7,97227 μA dengan kondisi lingkungan suhu rendah dan tingkat kelembaban tinggi, lalu pada isolator tertutup berkisar pada nilai 6,07886 μA di sebabkan tingkat kelembaban yang sangat tinggi. Arus bocor tertinggi isolator terbuka pada pengukuran pagi hari berkisar 7,860 μA dengan nilai suhu 21,9°C dan nilai kelembapan 89,5 (%) dan arus bocor terendah isolator tertutup pada pengukuran malam hari berkisar 5,527 μA dengan nilai suhu 25,3°C dan nilai kelembapan 80,1%.
2. Nilai rata – rata arus bocor pada isolator terbuka saat pagi hari adalah 7,860 μA , untuk siang hari 3,889 μA , dan malam hari 5,527 μA , median nilai arus bocor pada isolator tertutup saat pagi hari adalah 5,882 μA , siang hari 3,558 μA , dan untuk malam hari 3,527 μA . nilai median tertinggi untuk isolator terbuka dan tertutup adalah saat pagi hari dengan nilai 7,860 μA dan 5,882 μA , hal ini disebabkan karena pada pagi hari suhu mencapai titik terendah, dan kelembaban berada di puncaknya sehingga arus bocor bersifat demikian.
3. Dilihat dari nilai beberapa metode analisis yang dipakai, waktu terbaik untuk meneliti arus bocor adalah saat malam hari dikarenakan arus yang mengalir melalui penghantar adalah saat beban puncaknya begitupun dengan parameter lingkungan, suhu yang terjadi adalah suhu berada pada titik rendahnya dan kelembapan yang terjadi menjadi kelembapan yang tinggi. Dengan demikian, waktu malam hari dapat memberikan kondisi yang ideal untuk meneliti arus bocor.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, D. S. (2017). Analisa Arus Bocor pada Bahan Isolator Resin Epoksi Campuran Silicone Rubber dan Keramik Dengan Variasi Tegangan Menggunakan Metode Pengukuran Inclined-Plane Tracking. *Jurnal Transient* Vol. 6 (2), 09-16.
- Arismuandar, A. (2004). *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: PT Percetakan Penebar Swadaya.
- Bayliss, D. C. (2012). *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. Oxford: Elsevier Ltd.
- PT. PLN (Persero). (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Tobing, B. L. (2012). *Peralatan Tegangan Tinggi*. Medan: Penerbit Erlangga.
- Vosloo, W. L. (2008). *The Practical Guide to High Voltage Insulators*. South Africa: Stellenbosch University.