

Analisis Perbandingan Arus Bocor Isolator Tipe Disc Glass Akibat Kondisi Terbuka dan Tertutup Sinar Matahari

SULTAN RAMADHAN^{1*}, WALUYO¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email : sultanadhan6@gmail.com

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

ABSTRAK

Isolator kaca sering digunakan karena keunggulannya seperti sifat elektro-mekanis yang unggul dan pengoperasian perawatan yang lebih mudah. Isolator sebagian besar sering di pasang terbuka namun ada juga yang di pasang tertutup seperti pada gardu induk pasangan dalam (Gas Insulated Substation). Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh faktor lingkungan terhadap arus bocor isolator tertutup dan terbuka, maka dilakukan pengujian terhadap isolator gelas dalam waktu 35 hari. Data arus bocor diambil setiap 3 kali sehari pagi, siang, dan malam hari. Hasilnya didapat bahwa nilai rata - rata arus bocor tertinggi untuk isolator terbuka adalah pada saat pagi hari dengan nilai 228,159 μA dan rata - rata tertinggi untuk isolator tertutup adalah pada saat pagi hari sebesar 171,936 μA . Maka dari itu saat pagi hari isolator kaca mengalami peningkatan arus bocor, dan isolator dengan kondisi tertutup sinar matahari lebih baik dan lebih efektif dibandingkan dengan isolator kondisi terbuka sinar matahari.

Kata kunci: Isolator kaca, arus bocor, lingkungan, terbuka, tertutup

ABSTRACT

Glass insulators are often used due to their advantages such as superior electro-mechanical properties and easier maintenance operation. Insulators are mostly often installed open but some are installed closed such as in the inner pair substation (Gas Insulated Substation). To determine how much influence environmental factors have on the leakage current of closed and open insulators, testing of glass insulators within 35 days. Leaked current data is taken every 3 times a day morning, afternoon, and night. The results found that the highest average leakage current value for open insulators was in the morning with a value of 228.159 μA and the highest average for closed insulators was in the morning of 171.936 μA . Therefore, in the morning glass insulators experience an increase in leakage current, and insulators with sun-covered conditions are better and more effective than open-air insulators.

Keywords: Glass insulator, leakage current, environmental, open, closed

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ekonomi, maka kebutuhan akan tenaga listrik dari waktu ke waktu semakin meningkat. Banyak faktor yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan tenaga listrik diantaranya, penduduk yang semakin meningkat, pemukiman baru dan industri yang semakin banyak. Maka dibutuhkan suatu sistem tenaga listrik yang baik. Dalam menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit hingga ke konsumen membutuhkan suatu sistem transmisi dan sistem distribusi. Salah satu aspek yang menentukan keandalan sistem transmisi atau distribusi yaitu isolator. Isolator merupakan salah satu komponen sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengisolasi konduktor jaringan yang bertegangan dengan tiang penyangga ataupun tower. Bahan yang kerap digunakan untuk isolator tegangan tinggi terbuat dari bahan keramik dan gelas **(PT. XYZ (Persero), 2014)**. Isolator cakram kaca atau gelas banyak digunakan dalam saluran transmisi tegangan tinggi karena keunggulannya seperti sifat elektro-mekanis yang unggul, keserbagunaan yang menua, dan pengoperasian perawatan yang lebih mudah **(Mousa, Abdul, & Zainab, 2017)**.

Salah satu aspek yang mempengaruhi proses kegagalan isolator pasangan luar (outdoor insulator) yaitu pengotoran yang terjadi pada permukaannya. Pengotoran tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan dimana isolator tersebut ditempatkan adanya pengotoran akan menimbulkan peningkatan arus bocor. Arus bocor akan menyebabkan rugi-rugi tenaga listrik serta meningkatkan degradasi permukaan isolator yang pada jangka lama dapat menyebabkan kegagalan isolasi. Isolator yang dipasang didalam ruangan biasanya digunakan pada gardu induk pasangan dalam. Gardu induk pasangan dalam adalah gardu induk yang hampir semua komponennya dipasang didalam gedung, kecuali tranformator daya yang dipasang diluar gedung. Gardu induk semacam ini biasanya disebut Gas Insutaled Substation (GIS).

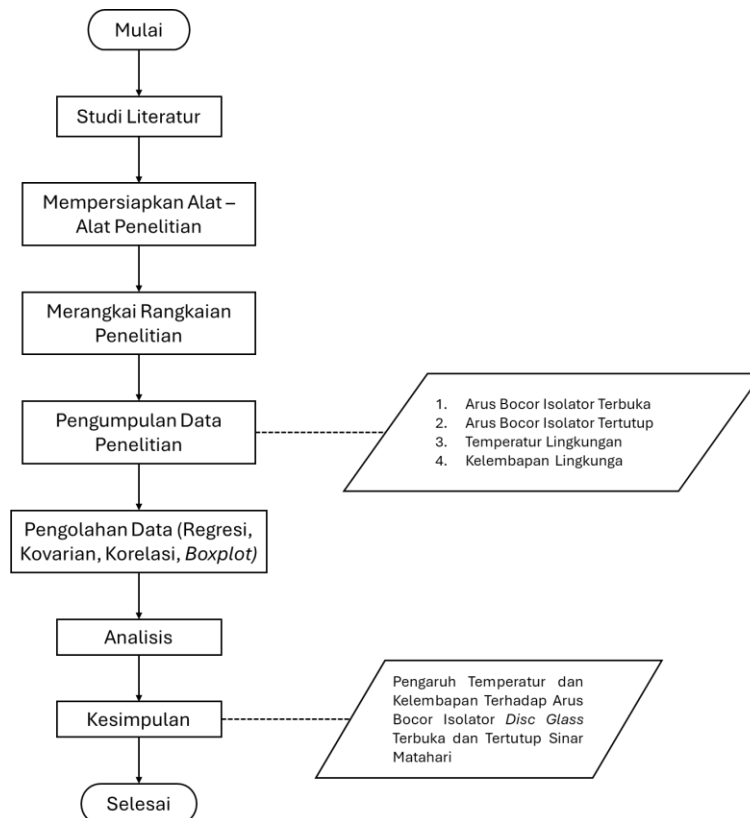
Ciri area di Indonesia yang mempunyai kelembapan, curah hujan, serta temperatur yang tinggi, disertai kehadiran polutan yang bermacam- macam (seperti pada wilayah pantai, geothermal, dan industri) serta tentunya hal tersebut merupakan salah satu pemicu yang sangat penting dalam mempengaruhi unjuk kerja isolator pasangan luar. Kondisi udara yang lembab akan menimbulkan munculnya lapisan air pada permukaan isolator. dan dengan kehadiran kontaminan, akan muncul arus bocor dan flashover yang bisa menimbulkan kegagalan isolasi. Tidak hanya itu waktu juga merupakan alasan yang penting, dikarenakan seiring waktu berjalan dan berubah- ubah setiap harinya, tingkat kelembapan serta suhu yang terjadi karena kabut, hujan, dan pergantian siang dan malam juga berubah – ubah yang membuat tingkatan konduktivitas di permukaan isolator yang menurunkan properti dielektrik serta bisa menimbulkan kegagalan kerja dari isolator itu sendiri **(Castillo-Sierra, et all, 2018)**.

Dengan permasalahan yang ada maka tujuan dalam penelitian ini adalah diperoleh nilai arus bocor yang di hasilkan pada isolator dengan kondisi terbuka dan tertutup sinar matahari tipe disc glass serta seberapa besar pengaruh faktor lingkungan (temperatur dan kelembapan) terhadap kinerja isolator. Sehingga dapat digunakan untuk menentukan keandalan pada jenis isolator tersebut ketika berada dalam kondisi tertutup dan terbuka sinar matahari dalam pemakaian yang lama. Dan penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal diantaranya adalah hanya menjelaskan tentang isolator disc toughened glass dan tegangan uji yang diberikan kepada isolator yaitu sebesar 11,5 kV

2. METODOLOGI

2.1. Metodologi Perencanaan Penelitian

Diagram alir penelitian “analisis perbandingan arus bocor isolator disc glass akibat kondisi terbuka dan tertutup sinar matahari” ini ditunjukkan pada Gambar 1.

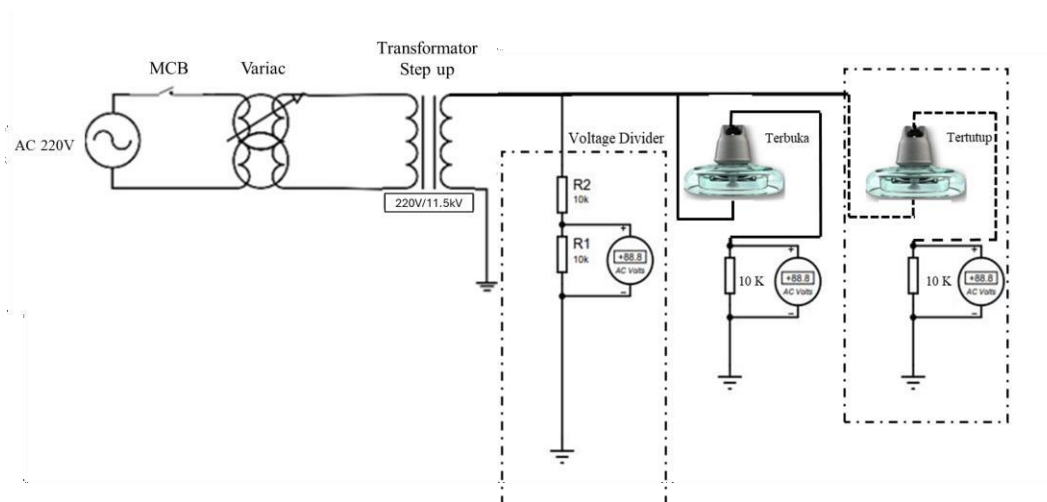


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa langkah awal dalam penelitian ini adalah mempersiapkan alat-alat dan komponen. Selanjutnya merangkai rangkaian penelitian. Setelah rangkaian penelitian siap kemudian mengukur arus bocor isolator dan mengambil data - data seperti temperatur, kelembapan, dan nilai arus bocor, selanjutnya data-data yang telah diperoleh kemudian di olah menggunakan aplikasi Minitab dan Microsoft Excel.

2.2. Pengambilan Data Arus Bocor

Pengambilan data arus bocor isolator dilakukan dengan memberikan tegangan sebesar 11,5 kV secara terus menerus pada kondisi udara luar. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kinerja isolator disc glass. Pengukuran pada penelitian ini dilakukan setiap 3 kali dalam sehari (pagi, siang, dan malam hari) selama 35 hari. Pada setiap pengukuran arus bocor, dilakukan juga pengukuran parameter lingkungan yaitu kelembapan dan temperatur untuk melihat pengaruhnya terhadap arus bocor. Dan berikut adalah gambar rangkaian pengujian pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Arus Bocor Isolator.

Gambar 2 menunjukkan dimana tegangan dari sumber XYZ (220 Volt) kemudian di step up menjadi 11,5 kV. Lalu arus listrik mengalir di permukaan isolator yang akan diuji sementara pin bawah pada isolator dihubungkan pada resistor dan dihubungkan ke multimeter untuk diukur besar arus bocornya. Kemudian untuk mengetahui tegangan yang masuk ke isolator, tegangan sumber juga di ukur melalui voltage divider dan terbaca pada display voltage divider.

2.3. Pengambilan Data Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang di ukur adalah kelembapan dan temperatur. Kelembapan dan temperatur diukur menggunakan hygrometer yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat Ukur Hygrometer.

Berikut adalah data parameter lingkungan (temperatur dan kelembapan) yang akan di ambil pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Parameter Lingkungan.

Waktu	Temperatur (°C)	Kembapan (%)
Pagi hari	21 – 24	82 – 94
Siang hari	28 – 32	38 – 74
Malam hari	21 – 25	77 – 95

2.4. Pengolahan Data

Setelah semua data terkumpul kemudian dilakukan pengolahan data dan analisis menggunakan metode kovarian, korelasi, regresi dan boxplot.

Kovariansi adalah sebuah metoda matematika yang menghubungkan dua hubungan antara dua buah variabel acak. Matriks yang mengevaluasi seberapa banyak dan sejauh mana variabel berubah bersama, atau dengan kata lain metoda ini adalah ukuran dua buah variabel namun tanpa menilai ketergantungan antar kedua variabel tersebut

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya) (**Jonathan, 2009**).

Tabel 2. Interpretasi Nilai r Koefisien Korelasi.

Nilai r (+ atau -)	Interpretasi Informal
< 0,2	Korelasi kecil
0,2 – 0,4	Korelasi rendah
0,4 – 0,7	Korelasi sedang
0,7 – 0,9	Korelasi tinggi
0,9 – 1,0	Korelasi yang sangat tinggi

Data hubungan pada koefisien korelasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 diketahui ketika nilai korelasi mendekati nilai 1 berarti kedua variabel memiliki hubungan yang sangat kuat. Namun terdapat kondisi dimana nilai interval koefisiennya bernilai negatif, yang berarti ketika nilai korelasi mendekati nilai -1 berarti kedua variabel memiliki hubungan yang terbalik.

Regresi Linier Sederhana Model regresi linier ini hanya mempunyai satu variabel bebasnya.

Bentuk umum persamaan permasalahan linier sederhana ditunjukkan pada persamaan (1) :

$$Y = a + b \quad (1)$$

Dimana Y adalah variabel yang diprediksi, x adalah variabel bebas, serta a dan b adalah parameter atau koefisien regresi. Untuk mendapatkan nilai a dan b maka bisa didapatkan dari persamaan (2) dan (3) berikut :

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2)$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3)$$

Dengan $\bar{y}$ dan $\bar{x}$ menyatakan nilai rata-rata dari y dan x, dan nilai x dan y diambil dari data - data sebelumnya yang dijadikan sebagai sample data.

Boxplot adalah salah satu cara dalam statistik deskriptif untuk menggambarkan secara grafik dari data numeris. Boxplot juga dapat menyampaikan informasi variasi dan penempatan atau lokasi pada data yang telah ditetapkan, terutama untuk mendeteksi dan menggambarkan perubahan variasi dan lokasi antar kelompok data yang berbeda (**Darsyah, 2014**). Boxplot mempunyai komponen - komponen diantaranya adalah :

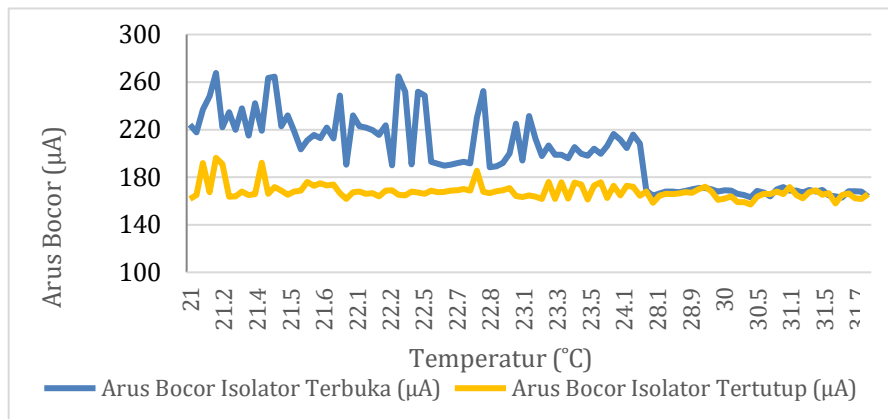
1. Nilai observasi terkecil.
2. Kuartil terendah atau kuartil pertama (Q1), yang memotong 25 % dari data terendah.

3. Median (Q2) atau nilai pertengahan.
4. Kuartil tertinggi atau kuartil ketiga (Q3), yang memotong 25 % dari data tertinggi
5. Nilai observasi terbesar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Temperatur terhadap Arus Bocor Isolator

Gambar 4 adalah grafik yang menunjukkan keterkaitan antara temperatur lingkungan terhadap arus bocor isolator terbuka dan tertutup sinar matahari.

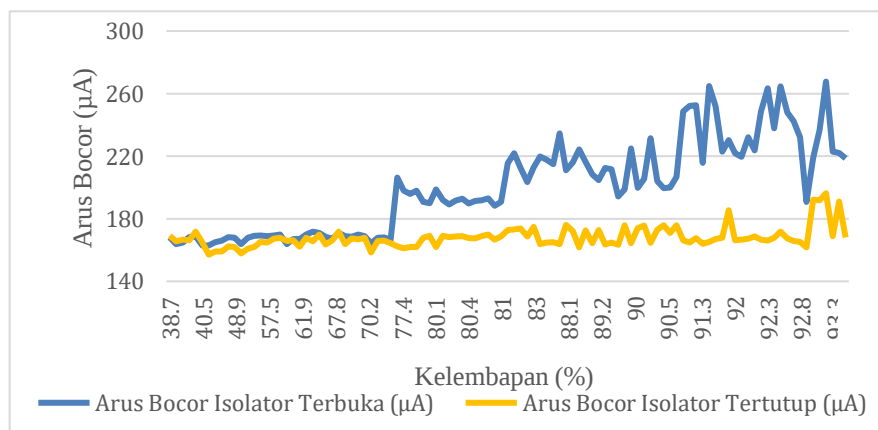


Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Arus Bocor Isolator Disc Glass.

Gambar 4 menunjukkan bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator terbuka dan yang rendah adalah isolator tertutup. Dari grafik ini pun dapat dilihat bahwa arus bocor mencapai nilai tertinggi pada suhu rendah diantara 21 - 21,2°C.

3.2. Pengaruh Kelembapan terhadap Arus Bocor Isolator

Gambar 5 adalah grafik yang menunjukkan keterkaitan antara kelembapan lingkungan terhadap arus bocor isolator terbuka dan tertutup sinar matahari.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Kelembapan terhadap Arus Bocor Isolator Disc Glass.

Gambar 5 menunjukkan bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator terbuka dan dengan nilai yang rendah adalah isolator tertutup. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai arus bocor paling tinggi pada kedua isolator terjadi pada kelembapan diantara 92,8% - 93,3%.

3.3. Analisis Kovarian dan Korelasi Nilai Arus Bocor terhadap Kelembapan

Nilai kovarian kedua pemasangan isolator pada pagi, siang, dan malam hari memiliki nilai yang positif seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, maka nilai arus bocor pada kedua isolator berbanding lurus dengan nilai kelembapan. Semakin besar nilai kelembapan maka semakin besar juga nilai arus bocor pada isolator.

Tabel 3. Nilai Kovarian 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 Disc Glass (μA)	35,759	6,092	12,224	8,420	64,487	1,313

Tabel 4 menunjukkan nilai korelasi pada isolator terbuka saat pagi dan siang hari memiliki nilai yang rendah yaitu (0,492) dan (0,450). Dan pada malam hari nilai korelasinya sedang yaitu (0,784). Sedangkan pada isolator tertutup saat pagi hari memiliki nilai korelasi yang rendah yaitu (0,207). Pada siang dan malam hari memiliki nilai korelasi kecil yaitu (0,196) dan (0,071).

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 Disc Glass (μA)	0,492	0,207	0,450	0,196	0,784	0,071

3.4. Analisis Kovarian dan Korelasi Nilai Arus Bocor terhadap Temperatur

Nilai kovarian kedua isolator pada pagi, siang, dan malam hari memiliki nilai yang negatif seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, maka nilai arus bocor pada kedua isolator berbanding terbalik dengan nilai temperatur. Semakin besar nilai temperatur maka semakin kecil nilai arus bocor pada isolator.

Tabel 5. Nilai Kovarian Arus Bocor Isolator terhadap Temperatur.

	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Disc Glass (μA)	-6,518	-0,320	-0,573	-0,537	-0,895	-0,114

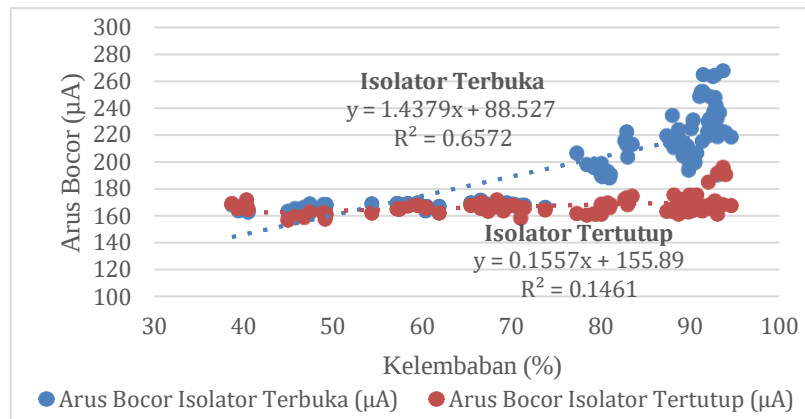
Tabel 6 menunjukkan nilai korelasi pada isolator terbuka saat pagi hari memiliki nilai korelasi yang rendah yaitu (-0,350). Pada siang dan malam hari memiliki nilai korelasi yang kecil yaitu (-0,195) dan (-0,080). Sedangkan pada isolator tertutup saat pagi, siang dan malam hari memiliki nilai korelasi kecil yaitu (-0,042), (-0,115), dan (-0,045).

Tabel 6. Nilai Korelasi Arus Bocor Isolator terhadap Temperatur.

	Temperatur					
	Pagi hari		Siang hari		Malam hari	
	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup	Isolator terbuka	Isolator tertutup
Arus Bocor Isolator Disc Glass (μA)	-0,350	-0,042	-0,195	-0,115	-0,080	-0,045

3.5. Analisis Regresi Arus Bocor terhadap Kelembapan

Nilai regresi arus bocor Isolator disc glass terbuka dan tertutup sinar matahari terhadap pengaruh kelembapan ditunjukkan pada Gambar 6.

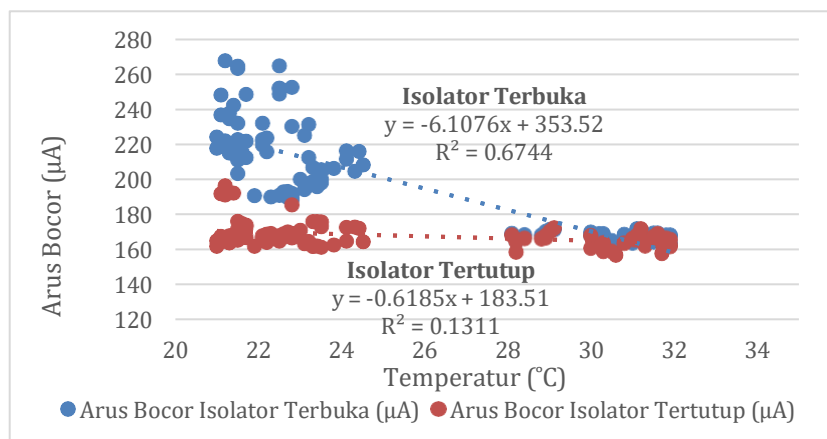


Gambar 6. Grafik Regresi Arus Bocor terhadap Pengaruh Kelembapan.

Gambar 6 menunjukkan grafik regresi antara arus bocor terhadap pengaruh kelembapan pada isolator terbuka dan tertutup sinar matahari. Pada isolator terbuka nilai R^2 sebesar 0,6572 hal tersebut berarti pengaruh kelembapan terhadap isolator terbuka memiliki nilai korelasi regresi sedang. Sedangkan, untuk isolator tertutup nilai R^2 sebesar 0,1461 hal tersebut berarti pengaruh kelembapan terhadap isolator tertutup memiliki nilai korelasi regresi kecil.

3.6. Analisis Regresi Arus Bocor terhadap Temperatur

Nilai regresi arus bocor Isolator disc glass terbuka dan tertutup sinar matahari terhadap pengaruh temperatur ditunjukkan pada Gambar 7.

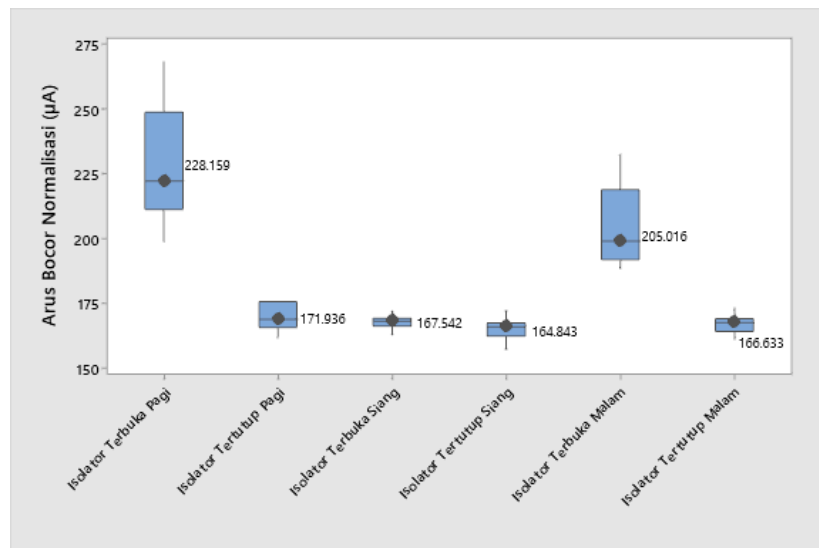


Gambar 7. Grafik Regresi Arus Bocor terhadap Pengaruh Temperatur.

Gambar 7 menunjukkan grafik regresi antara arus bocor terhadap pengaruh temperatur pada isolator terbuka dan tertutup sinar matahari. Pada isolator terbuka nilai R^2 sebesar 0,6744 hal tersebut berarti pengaruh kelembapan terhadap isolator terbuka memiliki nilai korelasi regresi sedang. Sedangkan, untuk isolator tertutup nilai R^2 sebesar 0,1311 hal tersebut berarti pengaruh kelembapan terhadap isolator tertutup memiliki nilai korelasi regresi kecil.

3.7. Analisis Boxplot

Grafik boxplot untuk arus bocor Isolator disc glass terbuka dan tertutup sinar matahari selama pengukuran 35 hari ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Boxplot Arus Bocor Isolator Disc Glass Selama 35 Hari.

Gambar 8 menunjukkan rata - rata nilai arus bocor pada isolator terbuka saat pagi hari sebesar 228,159 μA , untuk siang hari sebesar 167,542 μA , dan untuk malam hari sebesar 205,016 μA . Rata - rata nilai arus bocor pada isolator tertutup saat pagi hari sebesar 171,936 μA , untuk siang hari sebesar 164,843 μA , dan untuk malam hari sebesar 166,633 μA . Nilai rata-rata tertinggi untuk isolator terbuka adalah pada saat pagi hari dengan nilai 228,159 μA dan rata - rata tertinggi untuk isolator tertutup adalah pada saat pagi hari sebesar 171,936 μA . Hal ini disebabkan karena pada saat pagi hari suhu mencapai titik terendah dan kelembapan berada di titik puncak nya sehingga arus bocor bersifat demikian.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Miftahul Khoir dengan judul "Analisis Besar dan Pola Arus Bocor Isolator Gelas dan Polimer Terhadap Waktu Pemakaian Outdoor", di dapat bahwa nilai tertinggi arus bocor isolator gelas adalah 275 μA pada pukul 00:00 malam dan nilai arus bocor terendah nya adalah 62,7 μA pada puku 12:00 siang. Hal ini berarti arus bocor cenderung lebih besar pada malam hari, pada saat temperatur rendah dan kelembapan tinggi hal tersebut karena pada saat tersebut partikel air di udara lebih banyak, sehingga hal tersebut mempengaruhi tingkat konduktivitas dari permukaan isolator **(Khoir, 2021)**.

Sedangkan pada penelitian ini nilai arus bocor isolator terbuka dan tertutup sinar matahari tertinggi terjadi pada saat pagi hari di mana temperatur sedang bernilai rendah dan kelembapan bernilai tinggi. Kedua penelitian ini memiliki kesamaan di mana nilai arus bocor akan berbanding terbalik dengan nilai temperatur dan berbanding lurus dengan kelembapan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis kovarian, korelasi dan regresi parameter lingkungan (temperatur dan kelembapan) memiliki pengaruh terhadap arus bocor isolator. Nilai arus bocor isolator berbanding terbalik dengan temperatur lingkungan dimana semakin rendah nilai temperatur lingkungan maka nilai arus bocor isolator akan semakin tinggi. Sedangkan, nilai arus bocor isolator berbanding lurus dengan kelembapan lingkungan dimana semakin tinggi nilai kelembapan lingkungan maka nilai arus bocor isolator akan semakin tinggi juga

Pada analisis boxplot terlihat selisih rata - rata nilai arus bocor normalisasi antara pagi dan siang hari pada isolator tertutup sinar matahari sebesar 7,093 μA dan pada isolator terbuka sinar matahari sebesar 60,617 μA . Perbandingan yang hampir 9 kali lipat perbedaannya, dapat dilihat bahwa isolator tertutup lebih baik dalam mengatasi arus bocor dan stabil dibandingkan dengan nilai arus bocor pada isolator terbuka sinar matahari. Hal ini disebabkan oleh faktor parameter lingkungan yang mempengaruhi temperatur isolator. Isolator tertutup sinar matahari akan memiliki temperatur isolator yang lebih stabil karena parameter lingkungan yang mempengaruhinya jauh lebih sedikit atau berada pada temperatur lingkungan yang stabil. Sedangkan, isolator terbuka sinar matahari akan terjadi kenaikan dan penurunan temperatur isolator dan kenaikan tertinggi terjadi pada saat pagi hari dimana temperatur pagi hari sedang berada pada titik rendah dan kelembapan berada pada titik tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Darsyah, M. Y. (2014). Penggunaan Stem And Leaf Dan Boxplot Untuk Analisis Data. JKPM, 1(1), 55 - 67.
- M. I. Mousa, Z. Abdul-Malek, dan I. M. Zainab. (2017). Leakage current based thermal modeling of glass disc insulator surface. Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci, 6 (3), 504–512.
- M. Khoir, (2021). Analisis Besar dan Pola Arus Bocor Isolator Gelas dan Polimer Terhadap Waktu Pemakaian Outdoor. Bandung: Itenas Repository.
- PT. PLN (Persero). (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET). Jakarta: PT PLN (Persero).
- R, Castillo-Sierra. (2018). Modeling leakage current of ceramic insulators subject to high pollution levels for improving maintenance activities. DYNA, 85(204), 364 - 371.
- S, Jonathan. (2009). Statistik Itu Mudah: Panduan Lengkap Untuk Belajar Komputasi Statistik Menggunakan SPSS 16. Yogyakarta: Erlangga.